



# **Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado  
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y  
Geográfica  
Unidad de Posgrado

## **Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú**

### **TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Geología con  
mención en Geotecnia

### **AUTOR**

Christian Hernán BREÑA VÁSQUEZ

### **ASESOR**

Dr. Tomás Ezequiel GALLARDAY BOCANEGRA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Breña, Ch. (2019). *Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú*. Tesis para optar grado de Magíster en Geología con mención en Geotecnia. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

---

# HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Fecha: 07/12/19

CODIGO ORCID DEL AUTOR: NO APLICA

CODIGO ORCID DEL ASESOR O ASESORES (Obligatorio): NOAPLICA

DNI DEL AUTOR: 07944640

GRUPO DE INVESTIGACION: NO PERTENECE

INSTITUCION QUE FINANCIA PARCIAL O  
TOTALMENTE LA INVESTIGACION: AUTOFINANCIADO

UBICACIÓN DONDE SE DESARROLLO LA INVESTIGACION. DEBE INCLUIR LOCALIDADES Y COORDENADAS GEOGRAFICAS

DEPARTAMENTO DE : CAJAMARCA:

TRAMO DE CARRETERA : COCHABAMBA-CUTERVO-CHIPLE.

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona Nor-Oeste de la Región Cajamarca, geográficamente pertenece a las zonas de sierra y de ceja de selva. El inicio de la vía se encuentra en la zona urbana del distrito de Cochabamba, perteneciente a la provincia de Chota, atraviesa la zona rural y urbana de la provincia de Cutervo y el término del tramo se encuentra en la localidad de Chipile, perteneciente a la provincia de Jaén.

ZONAS DE ALTO RIESGO				Zonas	Progresivas
	PROGRESIVA	COORD. ESTE	COORD. NORTE		
1	0+300	734205	9284063	1	0 + 300
2	23+040	736563	9291755	2	23 + 040
3	33+230	742266	9295894	3	33 + 230
4	35+380	741981	9297183	4	35 + 380
5	35+550	741970	9297337	5	35 + 550
6	40+640	740848	9299557	6	40 + 640
7	40+730	740801	9299572	7	40 + 730
8	43+950	739380	9299836	8	43 + 950
9	61+000	738174	9308874	9	61 + 000
10	65+500	736965	9309352	10	65 + 500

AÑO O RANGO DE AÑOS QUE LA INVESTIGACION ABARCO:

ABRIL : 2015

NOVIEMBRE : 2015





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POSGRADO



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los siete días del mes de setiembre del 2019, siendo las 10:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen Nº 586/UPG-FIGMMG/2019 del 02 de agosto del 2019, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

#### TÍTULO

**«ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA CARRETERA LONGITUDINAL DE LA SIERRA; TRAMO COCHABAMBA-CUTERVO-CHIPLE, CAJAMARCA-PERÚ»**

Que, presenta el Bach. **CHRISTIAN HERNÁN BREÑA VASQUEZ**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN GEOTECNIA**.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente Nº 06830-FIGMMG-2014 del 23 de setiembre del 2014, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento de los Estudios de Maestría y Doctorado».

Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole a la graduando la siguiente calificación:


APROBADO (14)


Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN GEOTECNIA** al Bach. **CHRISTIAN HERNÁN BREÑA VASQUEZ**.

Siendo las 11:00 horas, se dio por concluido al acto académico

  
MG. CIRO SERGIO BEDIA GUILLÉN  
Presidente

  
MG. GAITHER GUZMÁN DE LA SOTA PÉREZ  
Secretario

  
MG. LLOYD WILLIAMS SOLÓRZANO POMA  
Miembro

  
DR. TOMÁS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA  
Asesor

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Facultad de Ingeniería Geológica que me formo académicamente, fue y es mi segundo hogar, sumó mi actividad cognitiva para desarrollarme profesionalmente. A mis profesores por sus ideas recibidas, a mis padres a mi esposa e hija por su apoyo económico e incondicional, a mi asesor Dr. Msc. Ing. Tomás Gallarday, debido al tiempo dedicado a la estructuración de este trabajo. A mis amigos Jack Arone, Jeyson Monge, Herman Montenegro, Jose Luis Ramirez, Miguel León, Olimpio Angeles Girón, Donato Vargas, Alberto Rios Carranza, Gaither de la Sota, Jaime Tapia, Violeta Valenzuela, Jhury Rondón Poblete, Jose Moreno López, Jaime Zegarra Tamayo, Milovan Petcovich y otras personas que me apoyaron a mi desarrollo profesional.

## DEDICATORIA

Dedico esta Presente Investigación a mis padres Christian y Rosita que me apoyaron toda la vida a realizar mis objetivos académicos y laborales de manera incondicional, fue muy importante sus conocimientos profesionales que me ayudaron a desarrollar con menos trabas a mi destino laboral.

A mi esposa Marita que me apoyó y me apoya en todo sentido socio-económico-cultural para desarrollar mis actividades académicas, laborales y profesionales de manera patente e infinita, conjuntamente a mi hija María Gracia a quien le tengo un profundo amor y aprecio.

A mi gran Profesor, el Ing. Olimpio Ángeles Girón, considerándolo como mi mentor de la Geotecnia, conjuntamente con el Ing. Herman Montenegro quien me introdujo a este hermoso mundo de la Geotecnia y la Geomecánica.

A mi Colega, la Ingeniero Metalúrgico, Silvana Flores Chávez por brindarme su Asesoría Profesional como “Asesora Externa” en el Desarrollo y Corrección de la Presente Tesis.

A mi Grandes colaboradores al Ing. Jack Arone Padilla, al Ing. Carlos Sackschewski Champan quienes están siempre dispuestos a trabajar conmigo.

Al Dr. Néstor Chacón por apoyarme con su gran conocimiento sobre la Geodinámica.

Al Dr. Hugo Rivera Mantilla por encaminarme en el campo científico.

Al Dr. Honorio Campo Blanco por ayudarme y orientarme en mi desarrollo de la Metodología de la Investigación Científica.

Al Ing. Lloyd Solórzano por su continuo asesoramiento en temas de Ingeniería Geotécnica.

Al Ing. Lloyd Solórzano por realzar mis conocimientos de la Geotecnia y Geomecánica y a todos los profesores que me enseñaron en pre grado y la maestría en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

A mi gran amiga Micaela Tarazona y a mi gran amigo Yuri Rondón por apoyarme con los procesos de administrativos e información para poder obtener el título de Maestría en Geotecnia.

Mi agradecimiento al Ing. Oscar Tinoco que me ayudó a plasmar de forma y fondo esta tesis desde el punto de vista técnico-científico.

## **TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pag.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>19</b>
1.1. <b>Situación Problemática</b>	<b>19</b>
1.2. <b>Formulación del Problema</b>	<b>19</b>
1.3. <b>Justificación de la Investigación</b>	<b>20</b>
1.4. <b>Objetivos de Investigación</b>	<b>21</b>
<b>CAPITULO II</b>	<b>22</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>22</b>
2.1. <b>Antecedentes del Problema.</b>	<b>22</b>
2.2. <b>Bases Teóricas</b>	<b>25</b>
2.3. <b>Marco Geología Local</b>	<b>26</b>
2.4. <b>Hipótesis y Variables</b>	<b>52</b>
<b>CAPITULO III</b>	<b>54</b>
<b>3. GENERALIDADES</b>	<b>54</b>
3.1. <b>Introducción</b>	<b>54</b>
3.2. <b>Ubicación del estudio</b>	<b>54</b>
3.3. <b>Accesibilidad</b>	<b>56</b>
3.4. <b>Clima</b>	<b>56</b>
<b>4. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL</b>	<b>57</b>

<b>CAPITULO IV</b>	<b>59</b>
<b>5. METODOLOGÍA</b>	<b>59</b>
5.1. La metodología se desarrolló con la aplicación de softwares y programas sobre la geología-geotecnia-geomecánica y de rocas-suelos y fluidos (hidrología-hidrogeología-hidráulica e hidrotecnia)	59
5.2. Juntas diferentes y sus proyecciones estereográficas.	59
5.3. Formula principal para encontrar el factor de seguridad de una pendiente.	59
5.4. Tipo y Diseño de Investigación	62
5.5. Unidad de Análisis	63
5.6. Número de Muestras	64
5.7. Tamaño de Muestra	65
5.8. Selección de Muestras se identificó con coordenadas UTM.	66
5.9. Técnicas de recolección de Datos	66
5.10. Población de Estudio	76
5.11. Fases de la investigación	77
5.12. Análisis e interpretación de la información	78
6. Marco del sistema integrado de gestión del proyecto y marcogeológico regional-local-micro estructural.	81
6.1. Geología especializada tectónica-estructural	82
6.2. Esquema y diseño de taludes según el RMR de la roca y suelo con relación a su cohesión y angulo de fricción interna.	83

6.3.	Distribución de rocas y suelos en el area de la 84	
	carreteraCochabamba-Cutervo-Chiple	
6.4.	Petrología y propiedades geotecnias de las rocas y 85	
	suelos	
7.	Análisis Estático, Pseudo—Estático, hidrológico- 87	
	hidrogeológico-hidráulico-hidrotécnico	
7.1.	GEOMECÁNICA	98
7.2.	Geomecánica de rocas	104
7.3.	Geomecánica de suelos	104
7.4.	Determinación de la Aceleración que esta en el 106	
	Anexo y el plano de isoaceleraciones del Cismid.	
	(0.30g)	
8.	Investigacion Geológica-Geotecnia-Geomecánica de 107	
	Rocas –Suelos y Medio Ambiente.	
8.1.	Matriz de zonas de impacto negativo y de las zonas 108	
	de alto riesgo.	
8.2.	LEYENDA DE LAS MATRICES.	109
8.3.	Geología Histórica de la zona tramo de la carretera 110	
	Cochabamba-Cutervo-Chiple.	
8.4.	LEYENDA DE LAS MATRICES, MEDIO AMBIENTE-	111
8.5.	LEYENDA DE LAS MATRICES DE CARGA 112	
	PORTANTE, CARGA ADMISIBLE Y CARGA UNICA	
8.6.	Matriz Punto Crítico 1- Progresiva No. 0+300. Roca 113	
	en Clima Seco Serrano (Piteau D.R. & Clayton R.,	
	1977). (Romana M., 1985)	

8.7.	Capacidad portante del punto crítico 1- progresiva No. 0+300. Ver Figura No. 80 (Terzaghi K.,1950).Planos de geología histórica-topográfico	114
8.8.	Planos de geología histórica-topográfico	115
8.9.	Análisis del item 8.8 y Figura No 80 matrices medio ambiente-	116
8.10.	Matriz punto crítico 10- Progresiva No. 61-000. En Suelo Arcilloso clima Tropical lluvioso (Van Gassen W. & Cruden D.M. ,1989)	117
8.11.	Cálculos de Carga a Unica y Carga Admisible de la Progresiva 61+000.	118
8.12.	Calculos de de empujes y esfuerzos en base a la teoría de MONONOBÉ – OKABÉ.	119
8.13.	Planos reales-geología histórica-topográfico (descripciones y observaciones) – progresiva No. 23+040.	123
8.14.	Análisis del Item 8.12. y figuras 82 y 87, medio ambiente-geología-geotecnia-geomecánica y carga portante.	124
8.15.	Los agentes desencadenantes identificados en este tramoson los siguientes:	128
8.16.	Esquemas propuestas para la estabilización de los taludesen el tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple	130
8.17.	Análisis del punto crítico 61+000: Análisis del Item 8.10. y Figura Matrices: medio ambiente-geología-geotecnia-geomecánica y carga portante.	132

	<b>133</b>
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>Discusión</b>	<b>133</b>
<b>CAPÍTULO VI:</b>	<b>135</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>135</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>137</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>138</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>141</b>



<b>FIGURA No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Pag.</b>
<b>Figura No. 1:</b>	<b>Punto crítico (progresiva 61+000)arcilla , foto del autor.</b>	<b>20</b>
<b>Figura No. 2:</b>	<b>PUNTO CRÍTICO DE REGULAR COHESIÓN – FOTO DEL AUTOR</b>	<b>21</b>
<b>Figura No. 3:</b>	<b>Intercalación de lutitas y calizas.</b>	<b>28</b>
<b>Figura No. 4:</b>	<b>Tipos de acuíferos</b>	<b>31</b>
<b>Figura No. 5:</b>	<b>Colapso de materiales de suelo en una ladera adyacente a un río motivado por el socavamiento de la base de la pendiente</b>	<b>34</b>
<b>Figura No. 6:</b>	<b>Colapso de rocas en una pendiente con base del suelo.</b>	<b>35</b>
<b>Figura No. 7:</b>	<b>Subsidencia geológica suelo-roca con residual.</b>	<b>35</b>
<b>Figura No. 8:</b>	<b>Esquema que permite observar la interacción de SUELO-ROCA en un talud donde ha ocurrido deslizamientos.</b>	<b>36</b>
<b>Figura No. 9:</b>	<b>Esquema, permite ver la interacción de SUELO - SUELO en un talud donde han ocurrido deslizamientos.</b>	<b>36</b>
<b>Figura No. 10:</b>	<b>El factor fluvial tiene como factor el caudal que erosiona o socava la ruta por donde discurre.</b>	<b>37</b>
<b>Figura No. 11:</b>	<b>Factores que intervienen en la Geotecnia.</b>	<b>38</b>
<b>Figura No. 12:</b>	<b>Esquema que muestra las diferencias e interdependencias entre la geología.</b>	<b>38</b>
<b>Figura No. 13:</b>	<b>Malla anti-erosiva que evita colapsos de la pendiente de un talud.</b>	<b>39</b>
<b>Figura No. 14:</b>	<b>Muestra presiones de post-hidrofracturamiento.</b>	<b>39</b>

<b>Figura No. 15:</b>	<b>Estructuras de una ladera.</b>	<b>43</b>
<b>Figura No. 16:</b>	<b>Gata de presión que en base a Mpa se obtiene resistencia del testigo de una roca.</b>	<b>44</b>
<b>Figura No. 17:</b>	<b>Pruebas de campo para determinar el tipo de suelo.</b>	<b>44</b>
<b>Figura No. 18:</b>	<b>El factor fluvial dependen del caudal que va socavando las áreas laterales de los ríos y las terrazas colapsan por falta de estabilidad.</b>	<b>50</b>
<b>Figura No. 19:</b>	<b>Colapso de diferentes materiales (foto del autor)</b>	<b>50</b>
<b>Figura No. 20:</b>	<b>Estructuras en un talud.(El autor,2016)</b>	<b>52</b>
<b>Figura No. 21:</b>	<b>Esquema hidrogeológico, líneas de flujo, líneas equipotenciales.</b>	<b>52</b>
<b>Figura No. 22:</b>	<b>Ubicación de la carretera.</b>	<b>54</b>
<b>Figura No. 23:</b>	<b>Determinación de los climas del tramo de la carretera según su ubicación ( El autor,2016)</b>	<b>55</b>
<b>Figura No. 24:</b>	<b>Block diagrama en 3D de los deslizamientos en la progresiva 61+000.(El Autor, 2016)</b>	<b>57</b>
<b>Figura No. 25:</b>	<b>Subsidencia, colapso y reptaciones en Cajamarca en relación directa el Punto Crítico de la progresiva 61. (El Autor, 2016)</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA NO. 26:</b>	<b>Formula Principal de deslizamiento (aplicada por el autor)</b>	<b>60</b>
<b>Figura No. 27:</b>	<b>Cálculo de Pendientes de colapso de arco con Software SLIDE (El autor, 2016)</b>	<b>60</b>
<b>Figura No. 28:</b>	<b>Diferentes estudios a realizar de suelo–roca . ( El autor,2016)</b>	<b>68</b>
<b>FIGURA NO. 29:</b>	<b>Software de Petrología.</b>	<b>69</b>
<b>Figura No. 30:</b>	<b>Red de QAPF STRECKEISEN (el autor,2016).</b>	<b>69</b>

<b>Figura No. 31:</b>	<b>Sección delgada muestra los principales minerales de las rocas. (Por el autor)</b>	<b>70</b>
<b>Figura No. 32:</b>	<b>Análisis de rocas y suelos. (El autor,2016)</b>	<b>71</b>
<b>Figura No. 33:</b>	<b>Zona fronteriza entre la roca y el suelo denominada zona intermedio causada por: meteorización-alteración-metamorfismo, (por el autor).</b>	<b>71</b>
<b>Figura No. 34:</b>	<b>Clases de estructuras de los suelos geotécnicos. ( Por el autor)</b>	<b>72</b>
<b>Figura No. 35:</b>	<b>Mallas de suelos arcilla-arena-limo. (Por el autor)</b>	<b>73</b>
<b>Figura No. 36:</b>	<b>Perfiles geotécnicos (Por el autor)</b>	<b>73</b>
<b>Figura No. 37:</b>	<b>Ambiente metamórfico y los materiales desestabilizantes. (por el autor)</b>	<b>75</b>
<b>Figura No. 38:</b>	<b>Esquisto y pizarra, rocas que son desestabilizantes en las estructuras naturaleza. (por el autor, 2016)</b>	<b>76</b>
<b>Figura No. 39:</b>	<b>Sistema integrado de gestión de proyectos de ingeniería. Sistema Holístico-Teleológico y Epistemologica para cubrir todos los temas competentes al trabajo.(Por el autor)</b>	<b>81</b>
<b>Figura No. 40 :</b>	<b>Geología tectónica estructural especializada. ( Por el autor)</b>	<b>82</b>
<b>Figura No. 41:</b>	<b>Pendientes según los materiales, RMR y cohesión. (Por el autor)</b>	<b>83</b>
<b>Figura No. 42:</b>	<b>Distribución de las rocas y suelos del tramo de la carretera (Por el autor)</b>	<b>84</b>
<b>Figura No. 43:</b>	<b>Composición de los suelos (Por el autor)</b>	<b>85</b>
<b>Figura No. 44 :</b>	<b>Muestras de las rocas más desestabilizantes del tramo de la carretera (Por el autor)</b>	<b>85</b>
<b>Figura No. 45:</b>	<b>Muestra de la andesita, es la roca más estable de alta resistencia de la zona de la carretera (Por el autor)</b>	<b>86</b>
<b>Figura No. 46:</b>	<b>Cuenca hidrológica del área adyacente a la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple ( Por el autor)</b>	<b>87</b>

<b>Figura No. 47:</b>	<b>Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 0+300 (Autor, 2016)</b>	<b>88</b>
<b>Figura No. 48:</b>	<b>Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 23+040 (Autor, 2016)</b>	<b>89</b>
<b>Figura No. 49:</b>	<b>Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 33+230 (Autor, 2016)</b>	<b>90</b>
<b>Figura No. 50:</b>	<b>Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 35+380 (Autor, 2016)</b>	<b>91</b>
<b>Figura No. 51:</b>	<b>Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 35+550 (Autor, 2016)</b>	<b>92</b>
<b>Figura No. 52:</b>	<b>Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 40+640 (Autor, 2016)</b>	<b>93</b>
<b>Figura No. 53:</b>	<b>Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 40+730 (Autor, 2016)</b>	<b>94</b>
<b>Figura No. 54:</b>	<b>Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 43+950 (Autor, 2016)</b>	<b>95</b>
<b>Figura No. 55:</b>	<b>Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 61+ 000 (Autor, 2016)</b>	<b>96</b>
<b>Figura No. 56 :</b>	<b>Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 65+500 (Autor, 2016)</b>	<b>97</b>
<b>Figura No. 57:</b>	<b>Cálculos de RMR y Q. (El autor,2016)</b>	<b>98</b>
<b>Figura No. 58:</b>	<b>Datos de dips y Dips Direction y de la carretera determinando la orientación de zonas de debilidad.</b>	<b>101</b>
<b>Figura No. 59:</b>	<b>Programa Dips, para obtener zonas de riesgo y debilidad.</b>	<b>101</b>
<b>Figura No. 60:</b>	<b>Orientaciones de los planos donde se indica la zona de riesgo a deslizarse (Por el autor)</b>	<b>102</b>
<b>Figura No. 61:</b>	<b>Macizo rocoso donde se obtuvieron los datos de geomecánica (Por el autor).</b>	<b>102</b>
<b>Figura No. 62:</b>	<b>Simbología de los planos.(El Autor)</b>	<b>103</b>
<b>Figura No. 63:</b>	<b>Mapa de iso-aceleraciones (Por el Autor)</b>	<b>106</b>

<b>Figura No. 64:</b>	<b>Elementos de un terremoto (por el Autor)</b>	<b>106</b>
<b>Figura No. 65:</b>	<b>Leyenda, formatos y esquemas configurativos de las matrices de investigación.</b>	<b>109</b>
<b>Figura No. 66:</b>	<b>Columna de la Geología Histórica.</b>	<b>110</b>
<b>Figura No. 67:</b>	<b>Columna de Geología Histórica Ampliada.</b>	<b>110</b>
<b>Figura No. 68:</b>	<b>Leyenda de las Matrices Geotécnicas Sinérgicas. (Autor, 2016)</b>	<b>111</b>
<b>Figura No. 69 :</b>	<b>Describe el proceso algorítmico para los cálculos de carga portante (Por el autor)</b>	<b>112</b>
<b>Figura No. 70 :</b>	<b>Matriz que refleja la estructura nueva para así establecer los cimientos del nuevo puente de la progresiva 0+300 ( Por el Autor)</b>	<b>113</b>
<b>Figura No. 71 :</b>	<b>Capacidad portante – punto crítico de la progresiva 0+300 (Por el autor)</b>	<b>114</b>
<b>Figura No. 72 :</b>	<b>Geología histórica-topográfico (descripciones y observaciones) – progresiva No. 0+300. (Por el autor)</b>	<b>115</b>
<b>Figura No. 73 :</b>	<b>Matriz de análisis del punto crítico progresiva 61+000.</b>	<b>117</b>
<b>Figura No. 74:</b>	<b>Matriz punto crítico 10- Progresiva No. 3+040. Muestra el colapso del talud por la cohesión moderada o baja debido a la infiltración del agua, la humedad y cambios de temperaturas extremas. (El Autor, 2016)</b>	<b>118</b>
<b>Figura No. 75:</b>	<b>Calculo de Diseño Sísmico y estructuras del muro de contención.</b>	<b>119</b>
<b>Figura No. 76:</b>	<b>Estructura del Muro</b>	<b>120</b>
<b>Figura No. 77:</b>	<b>Zonamiento de intensidad sísmica del Perú.</b>	<b>120</b>
<b>Figura No. 78:</b>	<b>Block Diagrama en 3D y plano topográfico.</b>	<b>123</b>

<b>Figura No. 79</b>	<b>Vista panorámica de la zona inestable aún en movimiento ubicado en el talud superior (Por el Autor)</b>	<b>125</b>
<b>Figura No. 80:</b>	<b>Superficie de falla claramente diferenciada ubicada al extremo del deslizamiento en la progresiva 61+100.</b>	<b>127</b>
<b>Figura No. 81:</b>	<b>Superficies de falla diferenciados ubicados en ambos extremos, se observa el material de deslizamiento.</b>	<b>127</b>
<b>Figura No. 82:</b>	<b>Análisis de estabilidad condiciones actuales (por el autor, 2016)</b>	<b>129</b>
<b>Figura No. 83:</b>	<b>Análisis de estabilidad considerando el relleno del talud inferior con enrocado (Por el autor)</b>	<b>129</b>
<b>Figura No. 84:</b>	<b>Plano topográfico con las estructuras de pescado de canalización de aguas subterráneas en la Prog. 61+100. (Por el autor)</b>	<b>130</b>
<b>Figura No. 85 :</b>	<b>Sistemas de anclaje, sistema propuesto por el autor.</b>	<b>131</b>
<b>Figura No. 86:</b>	<b>Sistemas de estabilización, sistema propuesto por el autor.</b>	<b>131</b>

<b>No. DE CUADROS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Pag.</b>
<b>Cuadro No. 1:</b>	<b>Comportamiento de las Arcillas según el Clima.</b>	<b>18</b>
<b>Cuadro No. 2:</b>	<b>Geología histórica de la zona ingemmet.</b>	<b>26</b>
<b>Cuadro No. 3:</b>	<b>Clasificación de suelos de acuerdo a la geología e hidrogeología con relación a la permeabilidad.</b>	<b>32</b>
<b>Cuadro No. 4:</b>	<b>Comportamiento del medio debido al agua subterránea (El autor,2016</b>	<b>32</b>
<b>Cuadro No. 5:</b>	<b>Calidad de aguas subterráneas  (El autor,2016)</b>	<b>33</b>
<b>Cuadro No.6:</b>	<b>Niveles de riesgo y sus valoraciones en España.</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro No. 7:</b>	<b>Niveles de riesgo y valoraciones en Chile.</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro No. 8:</b>	<b>Cuatro arcillas en dos climas distintos  (El autor,2016).</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro No. 9:</b>	<b>Puntos Criticos analizados estatica y pseudoe estáticamente.</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro No. 10:</b>	<b>Selección de muestras en zonas de riesgo alto.</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro No.11:</b>	<b>Categoría de valor integral de impactos (Por el autor).</b>	<b>74</b>
<b>Cuadro No.12:</b>	<b>Evaluación ambiental aplicada a geotecnia. (Por el autor)</b>	<b>74</b>
<b>CUADRO No. 13:</b>	<b>Parámetros de valoración ( Por el autor)</b>	<b>75</b>
<b>Cuadro No. 14:</b>	<b>Descripción de los suelos según plasticidad y cohesión. (Por el autor)</b>	<b>86</b>
<b>Cuadro No. 15:</b>	<b>Ampliación del formato de RMR.</b>	<b>99</b>
<b>Cuadro No. 16:</b>	<b>Ampliación de los valores de RMR.</b>	<b>100</b>

<b>Cuadro No. 17:</b>	<b>Ampliación de los valores de Q.</b>	<b>100</b>
<b>Cuadro No.18:</b>	<b>Clasificación del macizo rocoso.(El Autor, 2016)</b>	<b>104</b>
<b>Cuadro No 19:</b>	<b>Clasificación de suelos SUCS.</b>	<b>105</b>
<b>Cuadro No. 20:</b>	<b>Cuadro resumen de los puntos críticos de la carretera con valores geotécnicos.</b>	<b>108</b>
<b>Cuadro No. 21:</b>	<b>Geometría del muro.</b>	<b>120</b>
<b>Cuadro No. 22:</b>	<b>Banco de Datos de fórmula.</b>	<b>120</b>
<b>Cuadro No. 23:</b>	<b>Valores de Pesos, giros, momentos Hr y Mr.</b>	<b>121</b>
<b>Cuadro No. 24:</b>	<b>Valores de momentos Ha y Ma.</b>	<b>121</b>



## RESUMEN

Los factores que influyen en la interacción roca-suelo en los taludes de la carretera Longitudinal de la sierra tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca, Perú son:

Meteorización, humedad, y parámetros geotécnicos (peso unitario, cohesión, ángulo de fricción interna, límites de Atterberg).

Esta Tesis se hizo en base a Geología, Geotecnia, Geomecánica roca-suelo, agua y Geofísica, que aplicados buscó conseguir la estabilidad de los taludes.

La carretera evaluada por su clima, presenta dos sectores:

- 1.- Clima seco Cochabamba-Cutervo a progresiva 61
- 2.- Clima caluroso húmedo Progresiva Chiple a progresiva 61

La cohesión del suelo a lo largo del sector de la carretera es diferente, que favorece que repton y colapsen proceso que interrumpe el normal del transporte de insumos y personas.

El procesamiento de datos se hizo en tiempo real, información o datos que se acopio para determinas los parámetros geotécnicos insitu como:

Factor de seguridad estático, factor de seguridad pseudoestáticos, cálculos de carga admisible, carga única e hidrogeología. Las obras de arte se hicieron para canalizar las aguas y evitar que se filtren y proporciona los factores de corrección en diferentes ambientes para conseguir la estabilidad de los taludes.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis está basada por la actividad antrópica dada por los trabajos Geología-Geotecnia-Geomecánica que se propuso para mitigar la inestabilidad física en los taludes que sucedido a lo largo de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple. El estudio petrológico de las Andesitas presentes en 80%, esquistos y pizarras 20%, originan colapsos en el tramo estudiado (Gonzales, S., 2005). Los datos geotécnicos de estabilidad de taludes como los factores de seguridad estática (F.S), sesudo-estático (F.S.P.), análisis de infiltración de las aguas e hidráulica se dan en el cuadro No. 1, que sigue (del autor).

Arcilla limosa de moderada cohesión:	Clima seco
Arcilla limosa de baja cohesión:	Clima seco
Arcilla tabular de mediana cohesión:	Clima húmedo lluvioso
Arcilla tabular de baja cohesión :	Clima húmedo lluvioso

**Cuadro No. 1: Comportamiento de las Arcillas según el Clima.**

Los estudios de mecánica de rocas dieron RMR alto (**Rock Mass Rating**), la andesita fue de 60-70-80, con la intercalación de pizarras y esquistos la bajan el coeficiente de estabilidad y disminuye su resistencia de la masa rocosa. Las dos zonas climáticas son evidenciadas por el comportamiento de las arcillas que guarda relación con las temperaturas y las filtraciones de las aguas.

Esta tesis está enfocado a los taludes de la carretera debido a sus colapsos y reptaciones, originadas por los suelos que tienen espesores de más de 30m. Tramo Cochabamba-Cutervo, punto crítico 61. El control de los deslizamientos y el ángulo de reposo, no fueron adecuados.

El segundo tramo crítico 61-Chiple, los trabajos fueron mejores, las subsidencias fueron menores por las arcillas estables, que tienen mejor cohesión, el terraplén de la carretera está pegada a los estratos de andesita con buzamientos favorables.

## **CAPÍTULO I.**

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Situación Problemática**

**Esta tesis buscó proponer factores de corrección en los diferentes ambientes para lograr la estabilidad de los taludes que colapsan debido a las altas infiltraciones de agua meteóricas y paralizan el tránsito vehicular y de personas originando pérdidas económicas a los pobladores de la zona, ello se evitó mediante el estudio de la interacción del suelo-roca en el sector de la carretera Longitudinal de la sierra tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú.**

#### **1.2. Formulación del Problema**

##### **Problema General**

**¿Cómo evaluamos los Parámetros Geotécnicos, que influyen en la estabilidad de taludes sector de la carretera Longitudinal de la sierra tramos Cochabamba-Cutervo, Chiple-Cajamarca?**

##### **Problema específico**

**¿Qué relación existe entre el peso unitario, ángulo de fricción interna cohesión, índice plástico e hidrología la estabilidad de taludes sector de la carretera longitudinal de la sierra tramo Cochabamba-Cutervo, Chiple – Cajamarca - Perú?**

### 1.3. Justificación de la Investigación

Esta tesis se justifica porque buscó dar una propuesta a las autoridades del Ministerio de Transportes para que efectúe su mantenimiento en el sector de la carretera Longitudinal de la sierra tramo Cochabamba – Cutervo, Chiple Cajamarca – Perú. Que origina pérdidas económicas a los pobladores de ciudades mencionadas. Figura No 1 y 2.



**FIGURA NO. 1: PUNTO CRÍTICO (PROGRESIVA 61+000) ARCILLA**

**FOTO DEL AUTOR**

Es el Punto Crítico mas relevante en cuanto a impacto negativo se refiere, colapso la arcilla debido a su alto volumen de material mas la activación de las fallas de reptación por percolación y ininfiltración de las aguas alimentadas por factores Pluviales y Fluviales.



**FIGURA NO.2: PUNTO CRÍTICO DE REGULAR COHESIÓN – FOTO DEL AUTOR**

#### **1.4.Objetivos de Investigación**

##### **Objetivo General**

Evaluar los resultados de los parámetros geotécnicos de la interacción roca -suelo que afecte la estabilidad de los taludes sector de la carretera longitudinal de la sierra tramos Cochabamba-Cutervo, Chiple-Cajamarca- Perú., abril 2015.

##### **Objetivos Específico**

Determinar la relación peso unitario, ángulo de fricción interna, cohesión, limites de Atterberg e hidrología en la estabilidad de los taludes de la carretera longitudinal de la sierra tramos Cochabamba-Cutervo, Chiple-Cajamarca - Perú.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del Problema.**

Por holística es complicado rebatir o intentar completar todos los problemas que conllevan a realizar un debido proceso de investigación y análisis que se deben aplicar a estos trabajos de ingeniería en los taludes; es decir, dar un Análisis cuantitativo y cualitativo, determinar índices de factores de seguridad que fijen las condiciones de estabilidad en los materiales y por las formas geométricas de las pendientes que conforman los taludes. Al no existir perforaciones de tajo anular que sirva para conocer la geodinámica externa y la geodinámica interna es por ello, que se aplican simulaciones de softwares en base a los parámetros geotécnicos.

Actualmente, existe un problema a nivel del estado peruano, cuando se efectúa un análisis de estabilidad de los taludes no existe normativas legales para poder calificar de manera uniforme a los taludes por sus condiciones de estabilidad, falta reglamentación a nivel del estado. Si hubiese nos permitiría definir con precisión el grado de estabilidad de las pendientes como parte estructural geométrica de los taludes, por lo tanto, se debe uniformizar las calificaciones de los índices del factor de seguridad y las condiciones de estabilidad. Es por ello, que se puede afirmar que hay ausencia de un Plan de Contingencia y de un Estudio Hidrológico-Hidrogeológico-Hidráulico-Hidrotécnico que formen los antecedentes para aplicarlo a los problemas de colapso en los taludes en la carretera.

Cabe resaltar, que el trabajo empírico realizado en Perú, es bastante minucioso, por lo que se recomienda que la investigación insitu sea detallada, no es simple distinguir el comportamiento de las arcillas dadas por sus ubicaciones diferenciales, así como detectar las

intercalaciones que existen entre las rocas esquistosas inestables de las rocas andesíticas de RMR alto.

Por axiología (objetivos y fines) se ha llegado a determinar de forma conclusiva general, que el objetivo fundamental no es la carretera en sí y su composición estructural, son los taludes adyacentes que colapsan y se derrumban e interrumpen el libre tránsito, pues existe relación entre el estudio de los taludes con los colapsos, subsidencias, reptaciones y derrumbes por los contactos suelo-roca, que originan la rotura del equilibrio físico de las condiciones de estabilidad.

Se establece las medidas de un buen mantenimiento de la carretera, dándole estabilidad para luego encontrar apoyo de canteras de materiales para la carretera.

Es importante señalar, la determinación de la resistencia del macizo rocoso (RMR) en los puntos críticos de la carretera, para determinar su comportamiento, fracturamiento y otros factores cualitativos y cuantitativos, movimiento de materiales. La geodinámica externa y la geodinámica interna.

A continuación, representan los siguientes antecedentes dados por estudios realizados en zonas aledañas al espacio donde se realizó la presente tesis.

Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas (Rojas 2009), propone dar una solución a los problemas de estabilidad de taludes, presentes en el sector de La Aguada, comuna de Corral, región de Los Ríos, dado que en la zona se aprecian taludes en riesgo por falla, algunas son naturales y otras provocados por la intervención de los habitantes del sector, representan alto riesgo, para la población y conectividad del lugar, la remoción podría afectar e inhabilitar algunos caminos existentes.

El Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas (Rojas 2009). Que trata de las diferentes medidas mitigadoras de riesgos de deslizamientos algunas son incluidas y detalladas en esta tesis, tal es así que se opta por la solución de los muros de contención en voladizo.

Estudio realizado por Revelo, en Ecuador, que se centra en el Estudio de las carreteras del Ecuador, las cuales generalmente sufren continuas interrupciones de tráfico debido a los deslizamientos de laderas y taludes, sea por un defectuoso diseño de los mismos o por un inadecuado y oportuno mantenimiento, el problema se agrava en zonas del subtropical donde las condiciones climáticas son rigurosas y las características de los suelos son poco favorables a su estabilidad, hecho que conlleva a que este fenómeno. Además genera la necesidad de realizar costosas reconstrucciones luego de haber sucedido numerosas y periódicas interrupciones de tráfico, accidentes graves y el incremento económico en el tránsito, a veces la rehabilitación o mantenimiento puede ser más costosa que la construcción de taludes bien diseñados. Su investigación eligió la carretera Selva Alegre-Zanguanga como modelo de aplicación para las vías del subtropical nor occidental del Ecuador.

La investigación bibliográfica constituye la base su esta tesis recabó los métodos más actualizados y modernos para estabilización de taludes, con exposiciones de investigadores extranjeros expertos como los españoles de reconocida capacidad internacional. Para el diseño de la geometría de los taludes se utilizó la última versión computacional del programa GSLOPE, GEO5 y SLIDE.

Para la estabilización de los taludes se propone una alternativa incrementada en el mundo a partir del año 1990, que consiste en la colocación de mallas metálicas ancladas, y de la cual en el Ecuador se tiene pocas referencias. (Revelo ,2008).



La Tesis desarrollada por Morales, en el año 2012, se centro en el estudio descriptivo de las etapas y las metodologías relacionadas al estudio de Identificación de zonas inestables. Propone diversas soluciones para evitar el alto riesgo en pérdida de vidas humanas por la falla de estructuras en las obras civiles.

La presente tesis plantea como objetivo principal proveer el conocimiento al profesional de concepción, diseño y ejecución de las obras de estabilización de taludes inestables para prevenir o mitigar pérdidas humanas, económicas y deterioro ambiental por deslizamientos de los taludes de las carreteras. Para ello se ha efectuado una revisión bibliográfica, que permita analizar los aspectos generales y establecer una metodología en el siguiente:

- a) Características y aspectos críticos de problemas de estabilidad de taludes,
- b) Caracterización geotécnica de los materiales,
- c) Procedimientos de investigación y diseño de taludes,
- d) Utilización de ábacos en estabilidad de taludes,
- e) Análisis detallado de estabilidad,
- f) Métodos de estabilización de taludes,
- g) Diseño y construcción de muros claveteados,
- h) Análisis de costos
- i) Aplicación práctica.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **Enfoque Teórico**

La Presente Tesis se realizo para investigar y analizar las condiciones de estabilidad de taludes en la interacción roca-suelo que son adyacentes de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple, que no interrumpa la fluidez del transporte carrozable.

Con el estudio geológico-geotécnico-Geomecánico de rocas-suelos y fluidos, se podrá proponer controlar los colapsos, subsidencias y derrumbes de los materiales adyacentes a la carretera, con la finalidad de mejorarlos y no alterar el medio ambiente.

## 2.3. Marco Geología Local

### Geología Histórica

#### - Provincia tectónica de Cochabamba-Cutervo-Chiple

La provincia tectónica de Cutervo consiste en una faja plegada que ocupa el sector oriental de la región. Las estructuras principales de la provincia de Cutervo, son pliegues - largos de rumbo NO-SE, generalmente fallados por uno o ambos flancos.

#### - Estratigrafía y pseudoestratigrafía

En el área de estudio se han distinguido el depósitos compactados de material cuaternarios, componente de los Suelos fluvio-pluvio-aluvial, en el tramo donde se emplaza la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple. Las Unidades estratigráficas que se observan en el área de estudio, según la leyenda son:

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		Depósitos fluviales y aluviales DISC. ANGUL.	
		PLEISTOCENO		Fm. Tamborapa DISC. ANGUL.	
	TERCIARIO	SUPERIOR		Volc. Huambos DISC. ANGUL.	Diorita
		INFERIOR		Volc. Ujama DISC. ANGUL.	
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Maastrichtiano	Fm. Chota DISC. PARAL.	
			Santoniano	Fm. Celendín 	Granodiorita
			Coniaciano		
		MEDIO	Turoniano	Fm. Cajamarca 	
				Gpo. Quilquihán 	
			Cenomaniano	Gpo. Pullucana 	
				Fm. Paríatambo 	
				Fm. Chólec 	
				Fm. Inca 	
		INFERIOR	Aptiano	DISC. PARAL.	
			Neocomiano	Gpo. Gollarisquiza DISC. PARAL.	
	JURÁSICO	SUPERIOR			
		MEDIO			
		INFERIOR			

CUADRO NO. 2: GEOLOGÍA HISTÓRICA DE LA ZONA INGEMMET.

### **Volcánico Oyotún**

Consiste en una secuencia gruesa de rocas volcánicas con escasas intercalaciones sedimentarias. Aflora a través de la región, desde el cuadrángulo de Cutervo en el Este hasta la franja costanera en el Oeste, constituyendo una unidad estratigráfica muy importante. Afloramiento de bancos medianos a gruesos de piroclásticos y derrames de composición andesítica y dacítica. La roca más común es una brecha andesítica maciza de un color negro azulado, tal como aflora en las inmediaciones de Pucará (cerro de Incahuasi).

### **Formación Goyllarisquizga**

La Formación Goyllarisquizga consiste en areniscas y cuarcitas blanquecinas y marrones bien estratificadas en capas medianas e intercaladas con horizontes de lutitas gris, marrón y rosada. La formación se adelgaza hacia el norte, este y oeste, donde hubo elementos paleo tectónicos positivos durante el Cretáceo temprano.

### **Formación Inca**

La Formación Inca consiste de algunos metros o decenas de metros de arenisca y lutitas con intercalaciones calcáreas. Aflora prácticamente a través de toda la región en estudio, y se caracteriza por la naturaleza ferruginosa de sus sedimentos, lo cual facilita su reconocimiento en el campo.

Los sedimentos son marrones pero al intemperizarse presentan tonos rojizos y anaranjados muy llamativos. Las areniscas son de grano medio a grueso y tienen un cemento limolítico. Son duras y compactas y por este motivo, la Formación Inca generalmente sobresale topográficamente y forma una escarpa distinta.

### **Formación Chúlec**

La Formación Chúlec consiste de algunas decenas y hasta algunas centenas de metros de lutitas, margas y calizas nodulares. Aflora en casi toda la región, materia del presente estudio y se caracteriza por

presentar un color de intemperismo generalmente crema o gris amarillento.

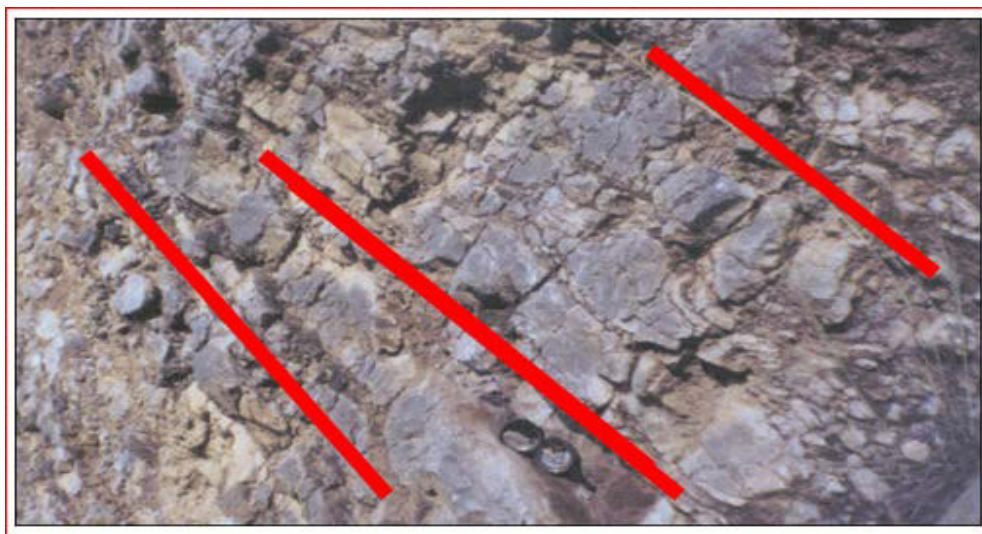
Como los sedimentos componentes de la Formación Chúlec son mayormente blandos, la topografía que se desarrolló es de lomadas de pendientes suaves.

### **Formación Pariatambo**

La Formación Pariatambo está representada por 100 m. a 300 m. de caliza, lutitas y toba que aflora en muchas partes de la región.

El desarrollo más típico de la Formación Pariatambo, se encuentra en los cuadrángulos de Cutervo, Chota y Celendín, donde presenta un grosor de 150 m. - 250 m. de caliza con intercalaciones delgadas de lutitas. La caliza es fina, de color negro, bituminosa y generalmente tiene un olor fétido.

Las lutitas son negras y bituminosas y ocurren como intercalaciones delgadas entre las capas calcáreas. Esta facie de la Formación Pariatambo, es bien fosilífera, con abundantes amonites bien conservados y escamas de peces.



**FIGURA No. 3: INTERCALACIÓN DE LUTITAS Y CALIZAS.**

### **Grupo Pulluicana (Km-P)**

El grupo Pulluicana, generalmente, consiste en algunos cientos de metros de caliza, marga, lutitas y areniscas. El Grupo Pulluicana está mejor desarrollado en los cuadrángulos de Chota y Celendín.

### **Grupo Quillquiñan (Km-Q)**

El grupo Quillquiñán está representado por 100 a 200 m de lutitas y margas con algunas intercalaciones calcáreas. El grupo consiste en lutitas gris oscuras y margas azuladas en capas delgadas que intemperizan a marrón oscuro o marrón rojizo. Las calizas que se intercalan con las lutitas y margas son generalmente delgadas y escasas, aumentado en importancia hacia el este.

### **Volcánico Llama**

El Volcánico Llama está formado por una secuencia gruesa de volcánicos que afloran ampliamente en toda la parte occidental de la región, desaparece hacia el este y no tiene afloramientos importantes en los cuadrángulos de Cutervo y Celendín. Sobre el conglomerado basal se encuentra una secuencia gruesa de piroclásticos y derrames. La litología más común es una brecha andesítica bien compacta, maciza y pobremente estratificada en bancos gruesos, color morado oscuro cuando está fresca y marrón negruzco cuando se halla intemperizada.

### **Depósitos Cuaternarios**

A lo largo del trazo de la carretera se han encontrado depósitos cuaternarios de tipos aluviales y fluviales constituidos por cantos y bolos englobados en una matriz de gravas arenosa, formando los pisos de los valles y quebradas donde están emplazados los principales centros poblados y áreas de cultivo de la zona (Cochabamba, Cutervo, Chiple).

También se han identificado depósitos coluviales al pie de las laderas de las montañas, como también se han identificado depósitos de bofedales algo aislados, depósitos Fluvio-torrenciales y suelos residuales.

### **Depósitos Aluviales**

Se encuentran a lo largo de los Valles de los ríos Chotano, Cutervo, La Capilla y Callayuc. Constituidos por cantos y bolos englobados en una matriz de gravas arenosa, se encuentran conformando algunas terrazas aluviales de estos ríos mencionados.

### **Depósitos Fluviales**

Se encuentran a lo largo de los cauces de los valles de los ríos Chotano, Cutervo, La Capilla y Callayuc. Constituidos por cantos y bolos englobados en una matriz de gravas arenosa y se encuentran conformando algunas terrazas y cauces fluviales de los ríos mencionados.

### **Depósitos Coluviales**

Conformados por depósitos gravitacionales, constituidos mayormente por suelos heterogéneos poco consolidados como son bloques y clastos englobados en una matriz de arena limosa.

Estos depósitos presentan pendientes de 20 a 50 grados en promedio y se ubican al pie del talud de las laderas.

### **Depósitos Coluvio-aluviales**

Conformados por intercalaciones de suelos aluviales antiguos y depósitos coluviales los cuales se encuentran conformando cortes sobre laderas de valles y/o pequeñas quebradas.

Su constitución granulométrica es similar a la de los depósitos aluviales y coluviales.

### **Depósitos Fluvio-torrenciales**

Conformados por material heterogéneo de bloques y clastos sub angulosos englobados en una matriz de arcilla limo arenosa. Estos materiales constituyen el material de arrastre de pequeñas quebradas transversales y subsidiarias de los ríos principales.

### **Marco Conceptual o Glosario**

**Acuicludos**, es una formación geológica poco permeable, que conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmite, por lo tanto no es posible su explotación.

Generalmente los acuicludos son depósitos subterráneos de arcilla.

**Acuíferos**, estrato o capa que conduce líquidos generalmente agua.

**Acuífugos**, Estratos que no poseen capacidad de circulación ni de retención de agua.

**Acuitardos**, contiene agua y la transmite muy lentamente.

**Aguas subterráneas** son las que drenan por la napa freática se evalúan con piezómetros de cuerda vibrante o de tubo abierto casa blanca. (Ver Figura No. 12. Y cuadros No. 2, 3, 4 y 5 (Barton M.E. & Thompson R.I., 1986)

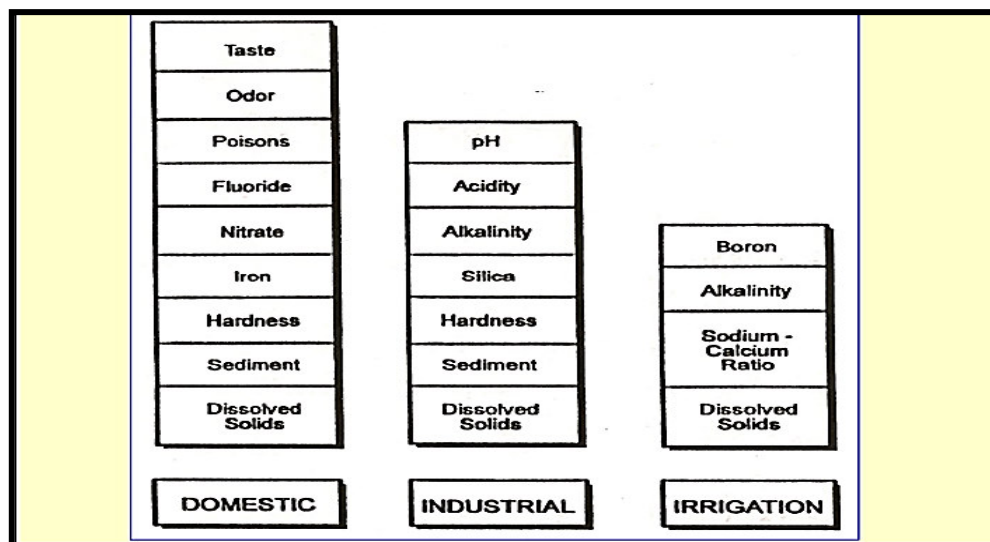
	Porosidad Total	Permeabilidad
<b>Acuíferos</b>	<b>Alta o moderada</b>	<b>Alta</b>
<b>Acuitardos</b>	<b>Alta o moderada</b>	<b>Baja</b>
<b>Acuicludos</b>	<b>Alta</b>	<b>Nula</b>
<b>Acuífugos</b>	<b>Nula o muy baja</b>	<b>Nula</b>

**Cuadro No. 3: Clasificación de suelos de acuerdo a la geología e hidrogeología con relación a la permeabilidad.**

Permeabilidad m/día	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	1	10	$10^2$	$10^3$	$10^4$
Calificación	Impermeables		Poco permeable		Algo permeable		Permeable		Muy permeable		
Calificación del acuífero	Acuicludo (y Acuífugo)		Acuitardo		Acuífero pobre		Acuífero de regu- lar a bueno		Acuífero excelente		
Tipo de materiales	Arcilla compacta		Limo arenoso		Arena fina		Arena limpia		Grava limpia		
	Pizarra		Limo		Arena limosa		Grava y arena				
	Granito		Arcilla limosa		Caliza fractura- da		Arena fina				

**Cuadro No. 4: Comportamiento del medio debido al agua subterránea (El autor, 2016)**





**Cuadro No. 5: Calidad de aguas subterráneas (El autor,2016)**

En si las aguas subterráneas son aquellas que cuando existe altos erráticos de subida del caudal superficial fluvial o pluvial se activan cuando existen placas yuxtapuestas. Por ello deben hacer análisis hidrológico e hidrogeológico para definir las líneas equipotenciales que son perpendiculares a las líneas de flujo y estas se deben canalizar de manera adecuada. (Casagrande A., 1971).

**Caídas de rocas**, Rodamiento pendiente debajo de material sedimentario, ígneo o metamórfico u otros materiales que por gravedad venza la estabilidad y rompa el equilibrio de estática.

**Carretera**, vía de acceso carrosable.

**Colapso Geológico**, es el movimiento rápido de masa de manera descendente. (Harrison, 1953)

**Colapsos**, caídas de material por que el empuje suprayacente es mayor que el empuje infrayacente.

**Cortes de carretera**, son movimientos de tierra de acuerdo al diseño realizado preventivamente para crear el acceso carrozable.

Derrumbes, es un fenómeno natural donde la tierra se mueve, se cae o se desplaza porque ha perdido su estabilidad.

**Deslizamiento** es un tipo de corrimiento o movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud. Este deslizamiento se produce cuando una gran masa de terreno se convierte en zona inestable y desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno pequeño espesor (ver Figura No. 5).



**Figura No. 5: Colapso de materiales de suelo en una ladera adyacente a un rio motivado por el socavamiento de la base de la pendiente.**

**Colapso Geológico** el movimiento rápido de masa de manera descendente. En realidad toda la materia esta en continuo dinamismo, la diferencia estriva en que unos movimientos son macroscopia a la visa del factor antrópico y la otra visión es microscópica., de tal manera que los movimientos deben ser siempre proclives a detenerlos, para evitar catástrofes, accidentes e incidentes fatales que menoscaban el desarrollo economico. (Harrison, 1953) (Ver Figura No. 5).



**Figura No. 6: Colapso de rocas en una pendiente con base del suelo.**

**Subsidencia Geológica** es el movimiento descendente lento (reptación) del suelo o roca (ver Figura No.6)



**Figura No. 7: subsidencia geológica suelo-roca con residual.**

**Deslizamientos por contacto suelo-suelo se produce por** la excesiva acumulación de volúmenes y potencias (50 m.) De arcillas, arcillas limosas, arcillas gravosas y otros materiales de suelo, que rompe equilibrio de estabilidad física, y el vector de gravedad tiene mayor esfuerzo.

**Deslizamiento por contacto suelo- roca.**(Gonzales, S.,2005).

Las inclinaciones altas de las rocas que tienen suelo por presiones horizontales ayudada por las áreas fracturada derrumban los taludes de pendientes entre 35° a 40° entre 60°a 75°. (Ver Figura No. 8).



**Figura No. 8: Esquema que permite observar la interacción de SUELO-ROCA en un talud donde ha ocurrido deslizamientos.**

**Deslizamientos por contacto roca-roca, ocurre en los espejos de juntas o fallas con contacto diferencial de rocas diferente RMR, en el contacto andesita-esquisto, por diferencia en base al RMR, filtraciones de agua, movimientos tectónicos y sismos (Ver Figura No. 9).**



**Figura No. 9: Esquema, permite ver la interacción de SUELO - SUELO en un talud donde han ocurrido deslizamientos.**

Desplomes, desprendimientos por pérdida de estabilidad vertical de un material y colapsa.

Diaclasas, son aberturas o rupturas rocosas sin desplazamiento en la unión de las caras o de los vértices.

Estructuras, foliaciones secundarias. Que son aquellas que se originan después de la litificación, ya sea debido a fuerzas tectónicas presentes en la corteza terrestre.

### **Factores Geológicos.**

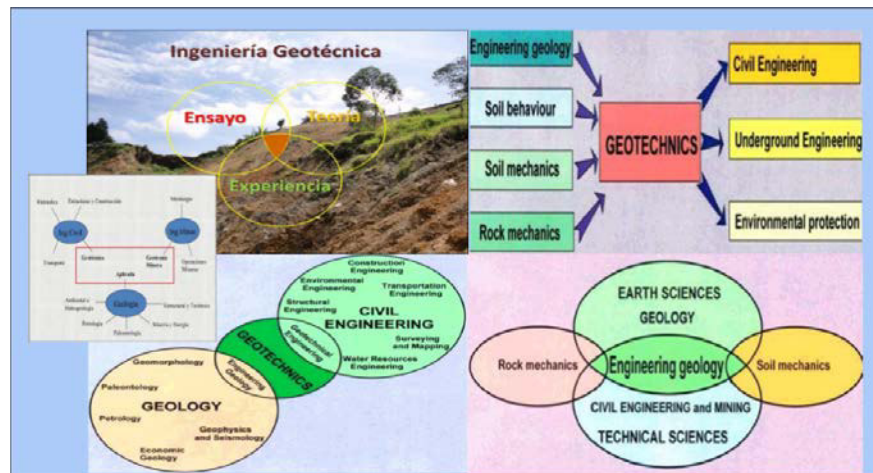
**Factor fluvial está determinado por** las aguas que drenan por torrenteras y ríos por las cuencas cuando debido a su expansividad afectan terraplenes y taludes de las carreteras (ver Figura No. 10 del autor).



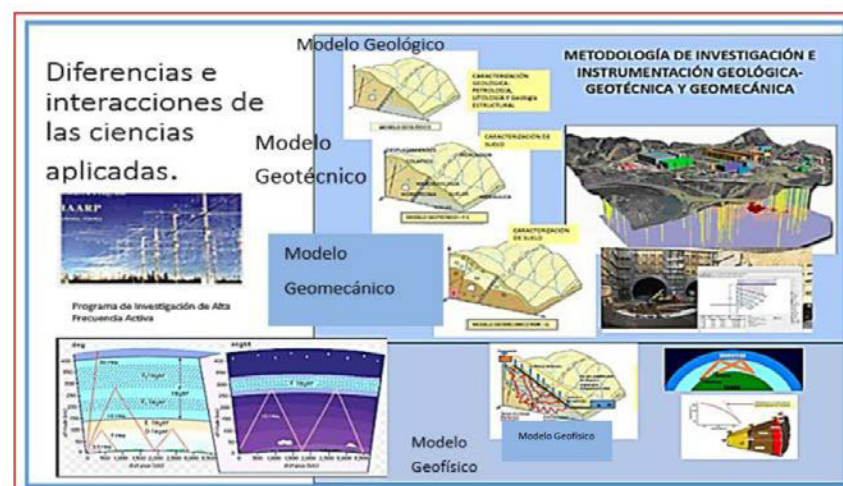
**Figura No. 10: El factor fluvial tiene como factor el caudal que erosiona o socava la ruta por donde discurre.**



**Factores Geotécnicos sucede por** la falta de las condiciones de estabilidad o puntos críticos en la carretera (Figura 1 y 4 del autor)



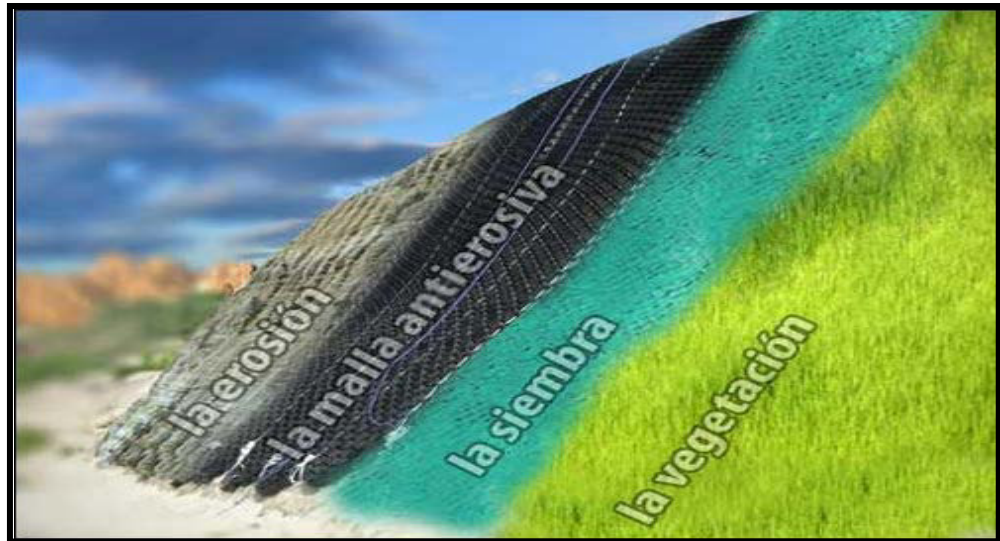
**Figura No. 11: Factores que intervienen en la Geotecnia**



**Figura No. 12: Esquema que muestra las diferencias e interdependencias entre la geología**

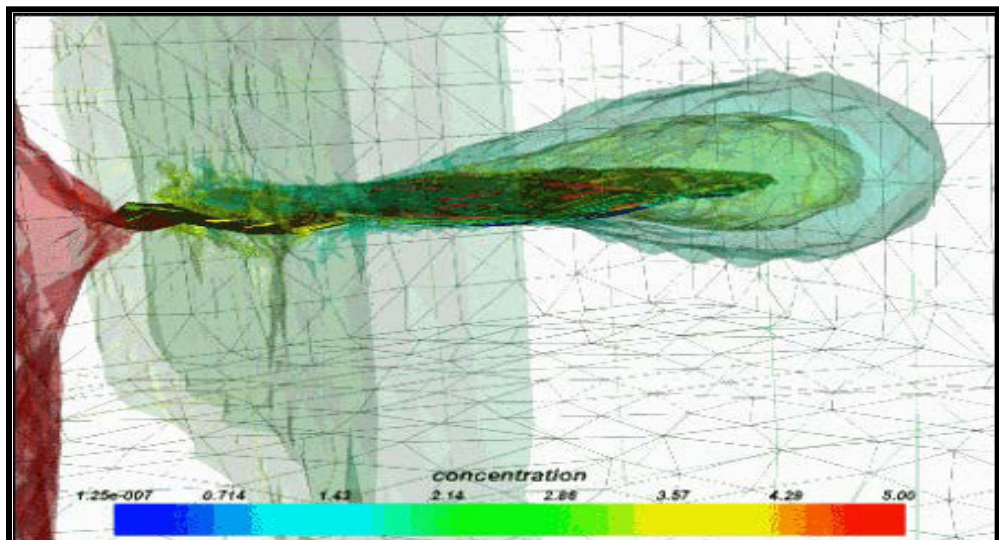
**Factor pluvial la determina** las aguas de lluvias y sus efectos en los taludes cuando estas no están canalizados o protegidos con geomembranas.

**Filtraciones, son** las percolaciones del agua de precipitación pluvial y de escorrentía en **el suelo y en las rocas** debido a la porosidad y fracturamiento (ver Figura 12 del autor).



**Figura No. 13: Malla anti-erosiva que evita colapsos de la pendiente de un talud.**

**Fracturamiento es el conjunto de rupturas de las rocas por causas de tensión o infiltración de aguas, bajas y altas temperaturas (ver Figura No. 11 del autor).**



**Figura No. 14: Muestra presiones de post-hidrofracturamiento.**

**Génesis de los derrumbes**, existen muchas razones de las causas de los derrumbes, algunas de ellas son: sobre alimentación de relaves en una presa de contención, pérdida de equilibrio del material suprayacente de una geoformas terrestre o natural, etc.

**Geodinámica** es una rama de las Ciencias de la Tierra que estudio los agentes o fuerzas que intervienen en los procesos dinámicos de la tierra. Se divide en Geodinámica Interna (procesos endógenos) y Geodinámica externa (procesos exógenos de la superficie terrestre).

**Geomorfología**, es la ciencia de la tierra que trata sobre las formas naturales del globo terráqueo.

GSI es el Índice de Resistencia de la Roca

Hidráulica, es el trabajo del agua, creando producción de energía, socavamiento o erosión en las riberas de los cerros.

### **Geomecánica de fluidos**

#### **Hidrología**

Se basa en el estudio de la actividad pluvial y fluvial con sus respectivos caudales.

#### **Hidrogeología**

Usado en el estudio para determinar los caudales de infiltración que han sido distribuidas de manera polarizada. Ver los perfiles de Slide.

#### **Perfiles: “zonas de impacto negativo o zonas de alto riesgo”**

(También existe análisis de condiciones de estabilidad que no son de alto riesgo pero que pueden colapsar a mediano plazo, en el plano de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple y se encuentra en los Planos adjuntados en Autocad Civil 3D).



## **Hidrotecnia**

En las matrices presentes en este trabajo que son motivos de investigación se puede apreciar cómo se postulan como marcos teóricos los arreglos e instalaciones para poder mejorar la estabilidad de los taludes con gaviones, tuberías, canalizaciones de las aguas de infiltración que provienen mayormente de las aguas de lluvia, planteado claramente uno de los temas de inestabilidad que son las filtraciones no existió un TDR que obligase a las compañías ejecutoras de las obras a realizar: hidrología, hidrogeología, hidráulica e Hidrotecnia, pero no obstante se puede apreciar en los perfiles de hidrogeología brindados por programa Slide.

Para obtener el análisis pseudo-estático se trabajó con un protocolo de sismica ubicado en el anexo donde el valor calculado y tomado de el mapa de Isoaceleraciones brindado por el CISMID-IGP se obtuvo como (g) aceleración=0.30. La aceleración se obtuvo ubicando el lugar de interés de la carretera en mapa de Isoaceleraciones del IGN con sus respectivas coordenadas y también por el Protocolo de Riesgo Sísmico que obra en los ANEXOS de esta tesis.

**Geomecánica de fluidos:** es el movimiento del agua

## **Hidrología**

Se basa en el estudio de la actividad pluvial y fluvial con sus respectivos caudales.

**Hidrogeología** palabra usada en el estudio para determinar los caudales de infiltración que han sido distribuidas de manera polarizada. Ver los perfiles de Slide.

**Hidráulica** es la ciencia que investiga la conducta del agua y su comportamiento pero para fines aplicativos directos como objetivos

claros solo nos interesa el socavamiento que crea el agua erosionando las fracturas a su paso investigado por las ciencias hidrogeológicas y la sedimentación que se observa en pocos canales de la carretera que se han colmatado y que no tienen una debida canalización de las aguas y malogra la estabilidad no solo de los taludes sino también el de la carretera, se observa que las filtraciones de agua disminuye el factor de seguridad de los taludes sobre todo en análisis pseudoestáticos con aplicaciones de aceleraciones de que crean sismos en los análisis de las zonas.

**Hidrotecnia**, será usada en las matrices presentes en este trabajo que son motivos de investigación se puede apreciar cómo se postulan como marcos teóricos los arreglos e instalaciones para poder mejorar la estabilidad de los taludes con gaviones, tuberías, canalizaciones de las aguas de infiltración que provienen mayormente de las aguas de lluvia, planteado claramente uno de los temas de inestabilidad que son las filtraciones no existió un TBR que obligase a las compañías ejecutoras de las obras a realizar: hidrología, hidrogeología, hidráulica e Hidrotecnia, pero no obstante se puede apreciar en los perfiles de hidrogeología brindados por programa Slide.

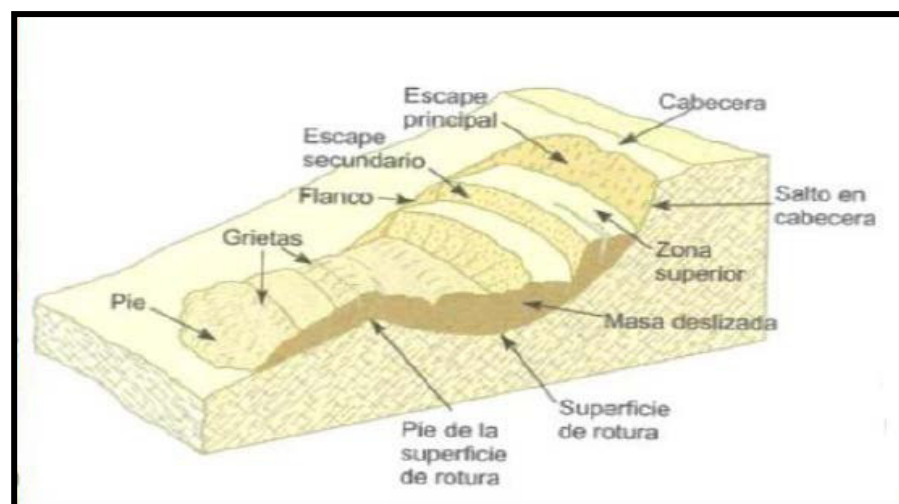
Para obtener el análisis pseudo-estático se trabajó con un protocolo de sismica ubicado en el anexo donde el valor calculado y tomado de el mapa de Isoaceleraciones brindado por el CISMID-IGP se obtuvo como  $(g)$  aceleración=0.30. La aceleración se obtuvo ubicando el lugar de interés de la carretera en mapa de Isoaceleraciones del IGN con sus respectivas coordenadas y también por el Protocolo de Riesgo Sísmico que obra en los ANEXOS de esta tesis.

## Inestabilidad de taludes

**Juntas**, son las rupturas o aberturas de la roca que son zonas de debilidad.

**Laderas**, Término con varios usos según el contexto.

El concepto, de acuerdo al diccionario de la Real Academia Española (RAE), refiere a aquel o aquello perteneciente o relativo al lado. Talud. (Ver Figura No 14).



**Figura No. 15: Estructuras de una ladera.**

Manejo ingenieril geotécnico, son los análisis de dinámica y estabilidad que se realizan para determinar los FACTORES DE SEGURIDAD DE UNA GEOFORMA DE LA TIERRA PARA QUE CONSERVE SU ESTABILIDAD.

**Mecánica de Suelos**, es el estudio de la determinación y clasificación de los suelos, SUCS y AASHTON.

**Mecánica de Rocas**, es el estudio de su movimiento se determinan con análisis de estudios tensionales, para determinar los ejes mayores, intermedios y menores, que ayudan a definir la orientación de los mayores esfuerzos de su deformación en sus puntos críticos.



**Figura No. 16: Gata de presión que en base a Mpa se obtiene resistencia del testigo de una roca.**



**Figura No. 17: Pruebas de campo para determinar el tipo de suelo.**

**Mecánica de fluidos**, es el estudio del movimiento del movimiento del agua.

**Riachuelos**, son las caídas de agua como resultado de la precipitación pluvial ocurren por bajos caudales de agua, las partículas que llevan se sedimentan o colmatan los canales, proceso que afecta a los taludes o a la carretera, que la desestabiliza.

**Movimientos de ladera** se entiende como movimiento de ladera, “slope movement” (Varnes, 1978) o “landslide” el movimiento de una masa de roca, suelo o derrubios, de una ladera en sentido descendente. Se incluye cualquier tipo de movimiento en masa.

**Pendientes de laderas**, es el ángulo de caída natural de las geomorfologías de la tierra, es decir, de la formas que la tierra tiene de forma natural.

Pendientes de taludes son los ángulos de caída descendentes que se generan por los trabajos del hombre generalmente para detener la caída del material en base a factores de seguridad.

**Perfiles: “zonas de impacto negativo o zonas de alto riesgo”**

(También existe análisis de condiciones de estabilidad que no son de alto riesgo pero que pueden colapsar a mediano plazo, en el plano de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple y se encuentra en los Planos adjuntados en Autocad Civil 3D).

**Placas de nazca y Sudamericana**, son placas tectónicas oceánicas que se encuentra en el océano Pacífico oriental, frente a la costa occidental de América del Sur y se mueven hacia el continente levantando la Cordillera de los Andes.

**Pliegues**, son formas estructurales representadas por ondeamientos creados por presiones horizontales o verticales y que por la particularidad plástica de los estratos se forman de esa manera.

**Porosidad**, son los intersticios vacíos de los cuerpos, pueden estar incomunicados, pero si están comunicados se crea la permeabilidad.

**Procesos**, algoritmos que obedecen a un protocolo de pasos y etapas consecutivamente desde el punto de vista bien ordenado.

**Puntos críticos**, son las zonas más peligrosas donde ocurren colapsos, derrumbes o caídas de roca de manera estrepitosa.

**Remociones de masas**, Movimiento de masas que obedece a transporte de material colapsado.

**Reptaciones**, movimientos lentos escalonados propio de las arcillas o suelos saturados medianamente.

**Niveles de riesgo**, son los estados de permanencia de las superficies de los taludes por el paso del tiempo es dado por las Normas Españolas de Estabilidad de Taludes:

Definen los siguientes parámetros:

1. Equilibrio actual: Se divide en Estable con el valor de 0, Moderado con el valor de 1 y Crítico con el valor de 2.
2. Evolución de la inestabilidad: Nula (0) y en progresó (1)
3. Topografía: Suave  $\leq 10^\circ$  (0), media  $10^\circ$  a  $30^\circ$  (1) y Fuerte  $>30^\circ$  (2)

4. Volumen inestable (m<sup>3</sup>)-<10(0),10-100(1),100-100(2) y >1000 (3)

5. Daños.- Humano: No. (0), Si (3)-Materiales: Ligero (1), Medio (2) y Catastrófico (3)

La puntuación final resulta de la sumatoria de cada uno de los parámetros analizados, establece los siguientes rangos para los niveles de riesgo (ver cuadro No. 2).

NIVELES DE RIESGO		VALORACIÓN
Riesgo Débil	(R0)	0-3
Riesgo Mediano	(R1)	4-7
Riesgo Elevado	(R2)	8-11
Riesgo Muy Elevado	(R3)	12-16

**Cuadro No.6: Niveles de riesgo y sus valoraciones en España.**

**Riesgo Débil son los** taludes que presentan poco peligro para la obra y viviendas ubicadas en el borde superior e inferior del talud o laderas, en los taludes no será necesario medidas correctivas, pero si observa algún proceso geodinámico, se controlará con pequeños muros.

**Riesgo mediano** son todos los taludes que representan peligro moderado para la obra o las viviendas que se encuentran al borde superior o al pie de talud del terraplén.

**Riesgo elevado** son los taludes que presentan peligro para la obra, por desprendimiento de rocas y suelo, pueden dañar las estructuras y viviendas que se encuentran al borde superior del talud o al pie del talud del terraplén, de producirse origina pérdida de vidas humanas.

**Riesgo Muy elevado son los** taludes que están en estado crítico, tienen evidencia de movimiento, son un problema para la obra o viviendas aledañas, si sucede derrumbe, desprendimiento y/o caída de bloques y suelos dañará la obra, y viviendas que se encuentren al borde superior del talud y al pie del talud del terraplén, habrá pérdidas de vidas humanas.

### **Sistema Propuesto por SERGEOMIN (Servicio Geológico Minero de Chile)**

Definen los parámetros:

1. Tipo de Ocurrencia. Actividad o reincidencia histórica. Con valoración de 0-14.
2. Pendiente: Con valoraciones de 0-16.
3. Manejo de Aguas: Con valoraciones de 0-12.
4. Litología: Con valoración de 0-12.
5. Actividad Antrópica: Con valoración de 0-8.
6. Vegetación: Con valoración de 0-10.
7. Calidad de Roca o suelo: Con valoración de 0-10.
8. Geotecnia. Obras Civiles y Acciones preventivas: Con valoraciones de -4 a 12.
9. Densidad demográfica y/o infraestructura: Con valoración 0 a 12.

La puntuación total resulta de la sumatoria de todos los parámetros, define los siguientes riesgos (ver cuadro No. 7).



NIVEL DE RIESGOS	VALORACIÓN
BAJO	<35
MEDIO	35-70
ALTO	>70

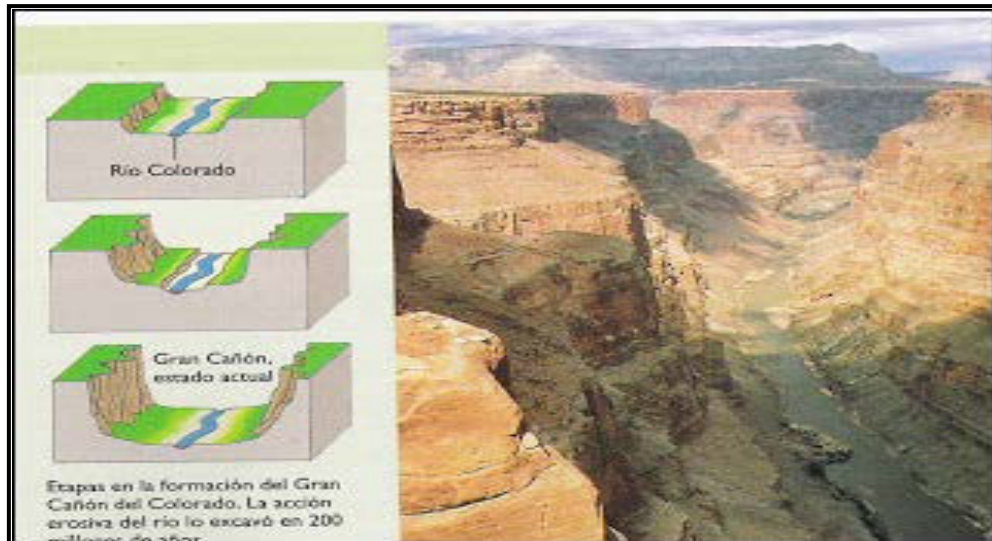
**Cuadro No. 7: Niveles de riesgo y valoraciones en Chile.**

Se observa cómo se analiza el aspecto estructural que viene precedido de una geodinámica tectónica que crea fallas locales, regional y micro fracturas que se deben analizar para poder evitar los colapsos en las áreas adyacentes de la carretera. Es muy importante determinar las juntas o fallas regionales y locales para poder evitar los deslizamientos de laderas y taludes.

**RMR**, es la Resistencia de la Masa Rocosa (Q De Barton 1964).

**Rocas**, materiales que tienen propiedades físicas y químicas de interés humano para su investigación, para uso de explotación o estabilidad, etc.

**Sismicidad son** los movimientos de aceleración horizontal y vertical que mueven las partículas del suelo y de la roca, activan el micro-fisura, fisuras, fracturas, fallas locales, fallas regionales y juntas, (ver Figura No 9 del autor).



**Fig. Nº. 18: El factor fluvial dependen del caudal que va socavando las áreas laterales de los ríos y las terrazas colapsan por falta de estabilidad.**

Subsidencia Geológica es el movimiento lento (reptación) de material de suelo o roca.

**Suelo Arcilloso es el que** está formado por el 45% de arcilla tiene una elevada retención de agua y nutrientes, posee una baja porosidad y por lo tanto carece de aeración (ver Figura No 18).



**Figura No. 19: Colapso de diferentes materiales (foto del autor)**

<div>Arcillas en clima seco</div> <div>Cochabamba a progresiva 61</div>	<div>Arcillas en clima húmedo</div> <div>Desde progresiva 61 a Chiple</div>
Arcilla de baja cohesión, se concretiona por evaporación del agua, origina colapsos, si no sucede evaporación de agua se expande y se fisura.	Arcilla de baja cohesión Origina colapsos, bajo índice de peligro, presenta reptaciones lentas.
Arcilla de moderada a alta cohesión, son sujetas a dinámica reptante en pendientes.	Arcilla de moderada a alta cohesión se comporta de manera tabular, compacta no ofrecen no colapsa.

**Cuadro No. 8: Cuatro arcillas en dos climas distintos**  
(El autor, 2016).

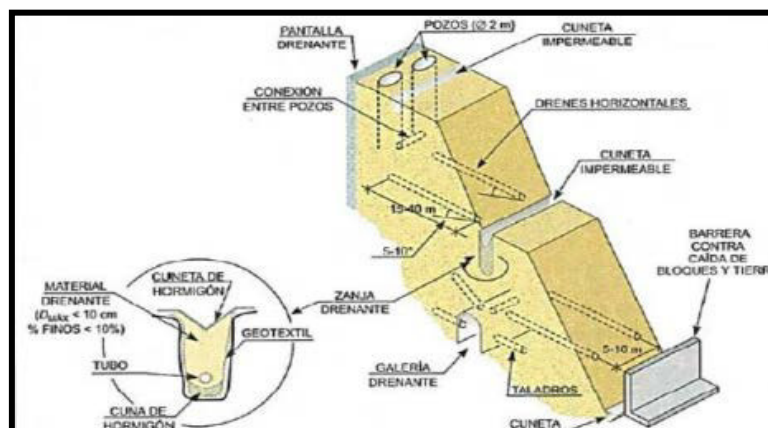
**Suelo Coluvial** son acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño pero de litología homogénea, englobadas en una matriz arenosa que se distribuye irregularmente en las vertientes del territorio montañoso (Harrison, 1953)

**Suelo Residual.** Suelos producidos in-situ por Intemperismo.

**Suelos,** son materiales que resultan de la meteorización, erosión y acarreo de las rocas. Material suelto granular que tiene densidad baja.

**Talud o pendiente de un muro.** En arquitectura e ingeniería civil, la diferencia del espesor en un muro (mayor en la base que en el techo).

**Estabilidad de taludes** es la teoría que estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud al desarrollo de una obra de construcción civil. (De Graff J.V.,1985. Ver Figura No 19).

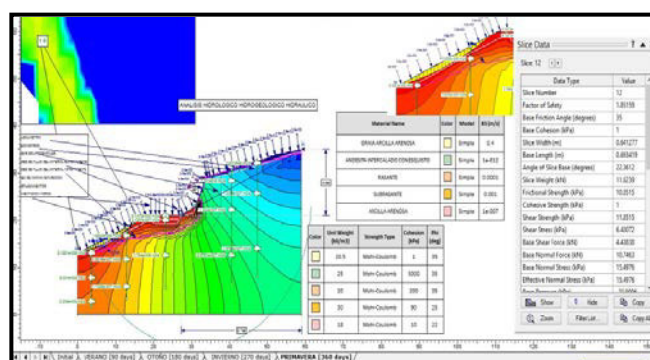


**Figura No. 20: Estructuras en un talud. (El autor, 2016)**

## 2.4. Hipótesis y Variables

### Hipótesis General

Los resultados de la evaluación de los parámetros geotécnicos, serán aplicados para conseguir la estabilidad de los taludes sector de la carretera longitudinal de la sierra tramos Cochabamba-Cutervo, Chiple-Cajamarca-Perú.



**Figura No. 21: Esquema hidrogeológico, líneas de flujo, líneas equipotenciales.**

### **Hipótesis Específica**

Existe la relación significativa entre el Peso Unitario, el ángulo de fricción interna, cohesión, índice de Atterberg e hidrología que son indicadores para ser aplicados y así conseguir la estabilidad de los taludes sector de la carretera longitudinal de la sierra Tramos Cochabamba-Cutervo, Chiple-Cajamarca-Perú.

#### **2.3.1. Identificación de Variables**

Independiente es el ángulo de fricción interna, cohesión, índice de Atterberg e hidrología aplicados para conseguir la estabilidad de los taludes sector de la carretera longitudinal de la sierra Tramos Cochabamba-Cutervo, Chiple-Cajamarca-Perú.

Dependiente es el sector de la carretera longitudinal de la sierra Tramos Cochabamba-Cutervo, Chiple-Cajamarca-Perú.

## CAPITULO III

### GENERALIDADES

#### 3.1. Introducción

La presente tesis se realizó con fines geológico, geotécnico, Geomecánico de rocas-suelos, fluidos y ambientales para el mejoramiento de la estabilidad con relación a los taludes y factores que interrumpan el tránsito en la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple.

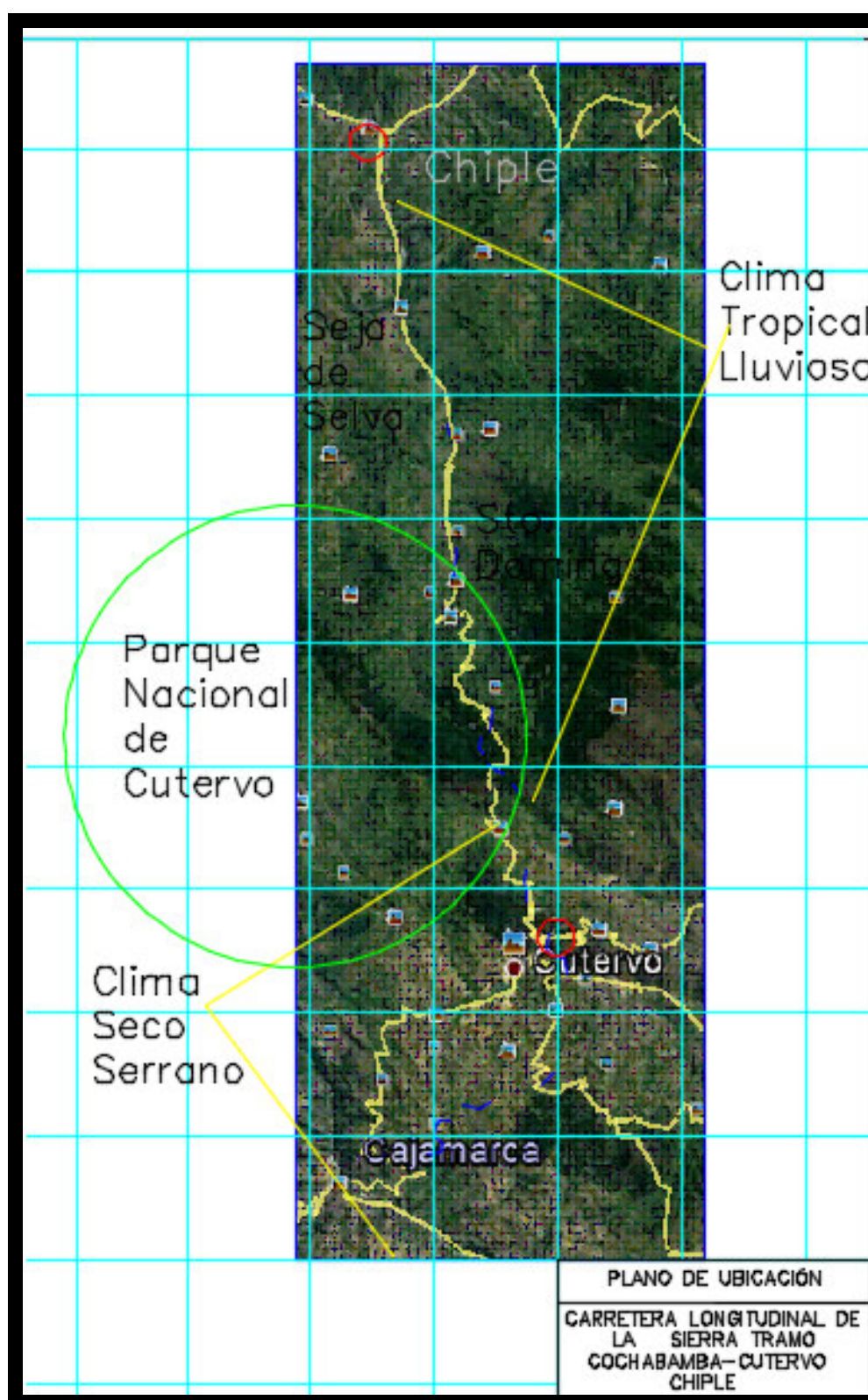
#### 3.2. Ubicación del estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona Nor-Oeste de la Región Cajamarca, geográficamente pertenece a las zonas de sierra y de ceja de selva. El inicio de la vía se encuentra en la zona urbana del distrito de Cochabamba, perteneciente a la provincia de Chota, atraviesa la zona rural y urbana de la provincia de Cutervo y el término del tramo se encuentra en la localidad de Chiple, perteneciente a la provincia de Jaén.



Figura No. 22 : Ubicación de la carretera.





**Figura No. 23: Determinación de los climas del tramo de la carretera según su ubicación (El autor, 2016)**

### **3.3. Accesibilidad**

El acceso principal de esta vía es a partir de la ciudad de Chiclayo, se toma la carretera que lleva a Cochabamba-Cutervo-Chiple.

### **3.4. Clima**

Zonas climáticas diferenciales influyentes en suelo/suelo. El clima se puede divide en dos áreas climáticas:

#### **3.4.1. Tramos: Cochabamba - Cutervo - Punto Crítico**

Predomina un clima frío y húmedo (Clima seco serrano variable) a semifrío con ocurrencias de lluvias que permiten el desarrollo de pastos naturales y el desarrollo de arbustos y árboles. Que permite que las arcillas temperaturas ambientes secas se concrecionan y en condiciones de saturación colapsan.

#### **3.4.2. Tramos punto crítico 61-Chiple**

Semi-Tropical húmedo (Tropical Lluvioso), es una zona de bosques densos lluviosos y nubosos que permite una dosificación por humedad de las arcillas que las mantiene tabulares y semi-estables.

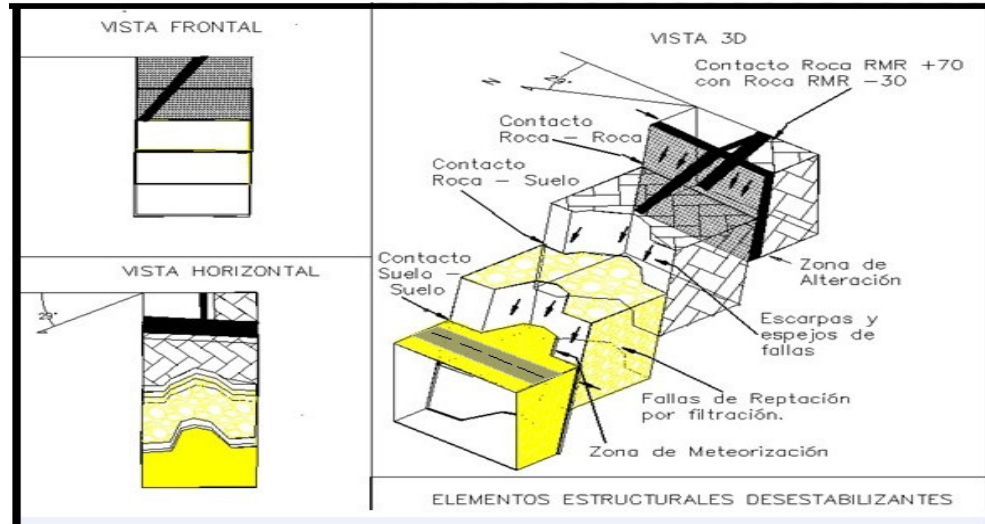
#### **3.4.3. Relación estructural suelo-roca/ roca - suelo/ suelo-suelo**

Se plantea que las fallas transcurren tés tienen factores de sismos imperceptibles que activan las fallas entre rocas intercaladas de diferentes RMR, que es caso de los esquistos o lutitas de bajo RMR (30) y las andesitas RMR (70-90) que es contacto-falla roca/roca.

El otro factor es el contacto roca/suelo, que con la infiltración ocurre una tercera de fallamiento, y luego por la sobresaturación, IP regular y mediana cohesión ocurren los colapsos o subsidencias en los materiales clasificados de suelo



como son CL o arcilla limosa, grava arcillo limosa y grava arena generada por caliza. Ver Figura No. 38. (Iverson R.M. & Major J.J., 1987)



**Figura No. 24: Block diagrama en 3D de los deslizamientos en la progresiva 61+000. (El Autor, 2016)**

#### **4. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL**

En el área de estudio se ha distinguido las secuencias de depósitos cuaternarios que son conformadas por los suelos, rocas andesíticas con intercalaciones de lutitas y/o esquistos en este tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple.

##### **Geomorfología**

Dentro del tramo de estudio se ha podido reconocer las siguientes unidades geomorfológicas.

##### **Valles interandinos**

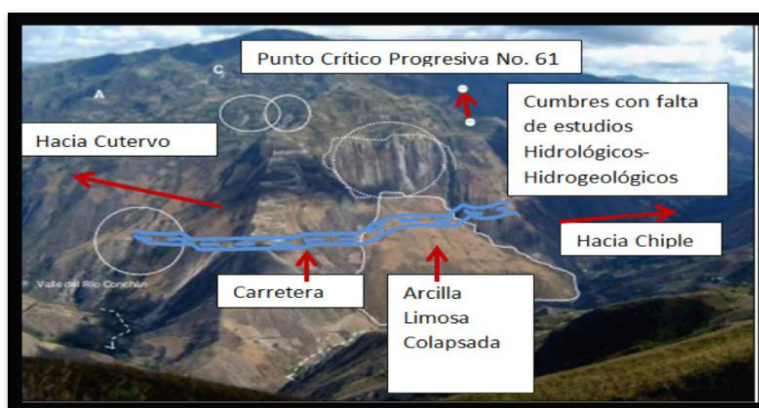
Constituido por los valles del río Chotano y el valle de Cutervo. Estos valles son amplios con anchos variables desde 200 - 600 m, conformado en la base por depósitos aluviales y fluviales de materiales gruesos, predominio de cantos y englobados en una matriz de grava arenosa, de pendientes fuertes a moderadas.

El poblado de Cutervo se caracteriza por tener vegetación de tipo pastizales y en sectores con presencia de depósitos de bofedales. El trazo de la carretera atraviesa a este sector entre las progresivas del Km. 24 al 31. La zona urbana de Cutervo se encuentra entre los Km. 27 al 31.

### **Laderas de valles sub andinos**

Se caracteriza por presentar valles de laderas de pendientes moderadas a ligeramente abruptas, que en algunos sectores forma valles encajonados de forma de “V”.

Moderada estabilidad por la morfología alargada y ovalada que presentan, con pendientes hacia el fondo de los valles, con presencia de niveles de filtraciones hacia la base de los taludes de corte y nivel freático superficial, que permitirán captar y reorientar el sentido de los flujos de agua hacia las estructuras de drenaje.



**Figura No. 25: Subsistencia, colapso y reptaciones en Cajamarca en relación directa el Punto Crítico de la progresiva 61.**

**(El Autor, 2016)**

### **Valles de relieves de ceja de selva**

Se caracteriza por presentar valles de laderas de pendientes moderadas a ligeramente abruptas, que en algunos sectores forma valles encajonados de forma de “V”, localizados dentro del tramo de estudio desde, aproximadamente, el Km. 60 hasta el final del tramo en Chiple.(John K.W.,1968).

## **CAPITULO IV**

### **5. METODOLOGÍA**

#### **5.1. La metodología se desarrolló con la aplicación de softwares y programas sobre la geología-geotecnia-geomecánica y de rocas-suelos y fluidos (hidrología-hidrogeología-hidráulica e hidrotecnia)**

Los softwares y programas aplicados a geotecnia y geomecánica referente al tramo de la carretera de Cochabamba-Cutervo-Chiple, se aplicó para su mayoría de colapsos reptantes, donde el contacto de deslizamiento en arco, se aplicó el Software Slide en materiales diferentes.

Está Tesis también muestra otras formas de fracturas fallas o juntas como información adicional (Nilsen T.H. & Brabb E.E., 1977).

#### **5.2. Juntas diferentes y sus proyecciones estereográficas.**

Luego de realizar trabajos en campo, se recabó los datos de rumbo y buzamiento, el programa define estereogramas aplicados a las juntas.

#### **5.3. Formula principal para encontrar el factor de seguridad de una pendiente.**

La fórmula contiene los factores que se tienen en cuenta para poder calcular de manera matemática-física el factor de seguridad de una pendiente de un talud. Si el factor de seguridad es menor del coeficiente 1.5 la pendiente es inestable, si el coeficiente es mayor de 1.6 a 2 es estable, pero si pasa del coeficiente 2 habrá que reajustar los cálculos.

Los cálculos se hicieron aplicando física-matemática y luego aplicando softwares. Para los cálculos físico-matemáticos se uso las tablas en Excel avanzado y para investigación el Software Slide.



Los métodos que se usaron para obtener la aceleración fueron de dos maneras:

1) Método del mapa de Iso-aceleraciones del IGN usando las coordenadas UTM y la ubicación en la cota, y cota sísmica la que ubico aceleración 0.30.

2) Método según el PROTOCOLO DE RIESGO PARA DETERMINAR LA ACELERACIÓN SÍSMICA, este consta en los ANEXOS DE ESTA TESIS Y en la cual se OBSERVA QUE LA ACELERACION MAXIMA ES 0.316.

Análisis pseudo – estático con consideración de la aceleración H (g) 0.30, con todos sus componentes estructurales:

- Análisis estático-pseudoestáticos con factor de seguridad.
- Análisis de dovelas y sus propiedades físico-matemáticas.
- Análisis de hidrogeología y sus componentes estructurales.

**i. Lista de tablas de cálculo para estabilidad de taludes con referidas al autor, parámetros inclinación de los taludes, método analítico y observaciones.**

Están formulas están referidas en los softwares.

**ii. Método de análisis de estabilidad de taludes.**

- Método físico-matemático
- Método de aplicación de softwares.

**iii. Tipos de rotura plana que se presentan en la zona del tramo de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple que contemplan los software como Rock Plannar.**

En la roca andesítica que sigo los pseudo estratos.

Tipos de roturas con relación a la rotura del material que aplican el software de geotecnia y geomecánica.

Este software actúa en sistema Android, trabaja en el celular, Lap Top y CPU, es para definir el RMR de la roca con su equivalente Q.

### **Operacionalización de Variables**

Las operaciones se basaron en análisis empíricos y de laboratorio, obtuvimos los índices, variables de los suelos y rocas, los parámetros:

Peso unitario, cohesión, ángulos de fricción interna y límites Atterberg, se aplicaron formulas físicas-matemáticas aplicadas a la geotecnia y a la geomecánica.

Se obtienen los índices que varían de acuerdo a las propiedades de los materiales observados y se determinan los factores de seguridad variables que indicaron la estabilidad o inestabilidad de los taludes de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple.

### **5.4. Tipo y Diseño de Investigación**

Esta tesis es experimental descriptiva, se realizó con investigaciones aplicadas a geología-geotecnia-mecánica de rocas-suelos y fluidos, para mejorar la estabilidad de los taludes.

Se basa en observación y uso de fórmulas físico-matemáticas y con softwares que determina el peso unitario, cohesión, ángulo de fricción interna y límites de Atterberg, así podemos determinar los factores de seguridad y aplicarlos para la estabilidad de los taludes, mitigando los factores que interrumpen el tránsito de la carretera Cochabamba-Cutervo, Chiple-Cajamarca.

### **5.5. Unidad de Análisis**

La unidad de análisis corresponde a la entidad mayor o representativa de lo que va a ser el objetivo específico de estudio, que es el talud, con sus diversas presentaciones según sus colapsos, subsidencias, derrumbes, reptaciones etc.

#### **- Unidades por climas**

Existen dos climas que modifican la conducta de suelos (arcillas) y rocas (andesitas, calizas y esquistos)

La unidad A: está conformada por los puntos críticos de los taludes colapsados desde Cochabamba-Cutervo-Progresiva 61, tiene clima seco de sierra donde las temperaturas extremas secas de día secan las aguas filtradas y los suelos se concretan y ocurren colapsos

La unidad B: que está conformada por los materiales de suelo geotécnico, es la sub-zona conformada por el punto más crítico que en la progresiva 61, sus 100 m. Hasta Chiple con un clima tropical lluvioso las lluvias son más estables que el tramo anterior.

#### **- Unidades por análisis y muestreo**

Existen 3 tipos de unidades de muestreo:

Unidad A: Formada por los distintos estratos de suelos geotécnicos

Unidad B: Constituido por las rocas andesitas de alto RMR.

Unidad C: Conformada por las rocas esquistosas muy inestables de bajo RMR.

#### **- Determinación de la forma de muestreo**

Por un procedimiento mediante el cual se hacen trincheras verticales en cada estrato de suelo, luego se cuartea para obtener el material representativo y proporcional al estrato en mención, se hace en suelos.

El muestreo en roca se debe ser fresca, no alterada y sin fisuras o intrusiones de vetillas, porque induce al error de fracturamiento no existentes.

- Tipo de muestreo

Muestreo sistemático se hace en orden, desde los estratos sobreyacentes hasta los estratos infrayacentes considerando roca fresca.

-Identificación y ubicación de muestras

Se elabora un plano donde se ubican las muestras y se describe los puntos de muestreo, se determina que tipos de ensayos se van a realizar.

- Identificación de las muestras objetivo

Se debe describir que ensayos se van a realizar a las muestras recogidas en campo.

### 5.6. Número de Muestras

La Población o universo relacionado a la carretera está compuesta por las muestras y el grupo de los Tramos de la Carretera de Cochabamba-Cutervo-Chiple, que son 10. Que se da en el cuadro.

Zonas	Progresivas
1	0 + 300
2	23 + 040
3	33 + 230
4	35 +380
5	35 + 550
6	40 + 640
7	40 + 730
8	43 + 950
9	61 +000
10	65 + 500

**Cuadro No. 9: Puntos Críticos analizados estática y pseudoestáticamente.**



## **5.7. Tamaño de Muestra**

Estas zonas de muestreo son áreas importantes que han colapsado y han interrumpido el normal desarrollo económico de la zona en ellas se ha muestreado los suelos y las rocas además se evaluó el estado de la población con relación al colapso del talud. Las muestras cuarteadas de 30 kilos de peso se llenaron en bolsas, peso suficiente para el laboratorio.

Progresiva 23 + 000/23 + 040 es el eje del perfil /23 + 80 Zona de colapso del talud de rango lineal o horizontal 80 m. acá el talud por saturación y alta pendiente tuvo subsidencia, por la infiltración de las aguas presenta conos de deyección y lodo debido a su mala canalización en sus áreas superiores.

Progresiva 61 + 000/61 + 100 zona que por infiltración de agua y colapso en tres tramos. Parte Inferior de la vía Suelo/Suelo, hay excesivos materiales de suelo arcilloso-limoso con infiltración de agua los suelos colapsaron. Parte media interior de la vía suelo/roca, el contacto fue afectado por la infiltración de las aguas que aceleró el colapso del talud.

Parte superior: roca/roca, el contacto esquisto con andesitas, y el material de meteorización rocas metamórficas (esquistos) de alta porosidad originó subsidencia.

**5.8. Selección de Muestras se identificó con coordenadas UTM.**

ZONAS DE ALTO RIESGO			
	PROGRESIVA	COORD. ESTE	COORD. NORTE
1	0+300	734205	9284063
2	23+040	736563	9291755
3	33+230	742266	9295894
4	35+380	741981	9297183
5	35+550	741970	9297337
6	40+640	740848	9299557
7	40+730	740801	9299572
8	43+950	739380	9299836
9	61+000	738174	9308874
10	65+500	736965	9309352

**CUADRO No. 10: SELECCIÓN DE MUESTRAS EN ZONAS DE RIESGO ALTO.**

Estas progresivas muestran falta de mantenimiento, investigación geotécnica - geomecánica de sus taludes pertenecen a los tramos estudiados de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple, no tiene buen drenaje o canalización de las aguas en sus cumbres, no hay tratamiento de las arcillas, como humedad asociada a los factores climáticos favoreció el colapso de sus taludes.

**5.9. Técnicas de recolección de Datos**

- A) El proyecto estuvo basado en Investigación Geológica - Geotécnica -Geomecánica roca - suelo y fluidos (hidrología – hidrogeología – hidráulica - hidrotecnia) que es importante, como condición se fue al campo y se tomo muestras de suelo y roca, se observó para pensar sobre las causas y consecuencias de los colapsos que interrumpen el libre

tránsito por la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple, las técnicas de recolección de datos se dan en campo, luego se procesan en el gabinete, el proyecto es a base de los resultados de los ensayos y análisis de los muestreos elaborar las conclusiones y recomendaciones.

B) Trabajos y análisis en campo, es el reconocimiento en los diversos trabajos se obtuvieron datos ordenados como:

B.1. Datos empíricos, son los acopiados en campo.

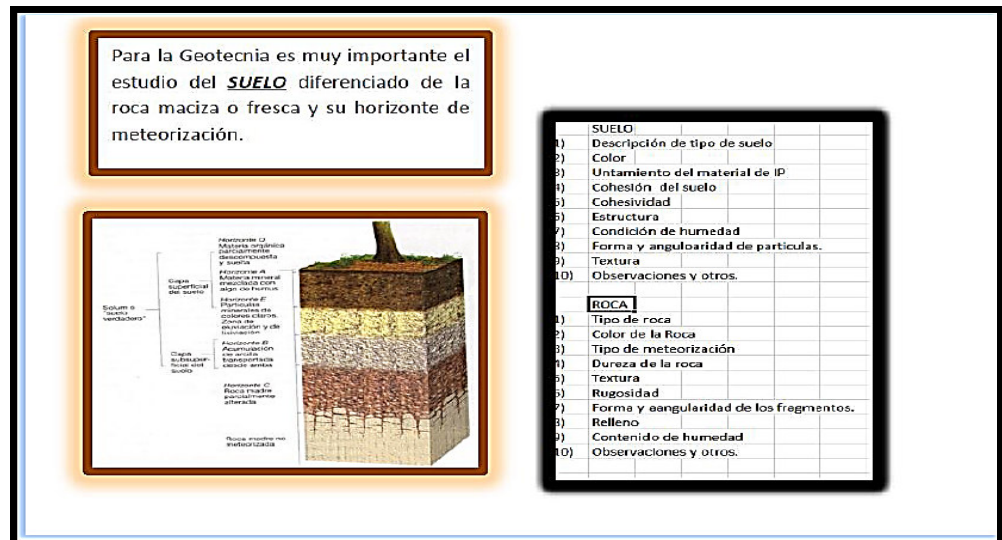
B.2. Fotos es importante para que los lectores de la tesis vean el área de interés de esta investigación.

B.3. Progresivas y Datos GPS, indica la ubicación de las áreas de interés:

Suelos Geotécnicos, la picota ayuda a reconocer la resistencia del suelo, con golpes manuales se puede identificar el índice de plasticidad, relativo, se observó las pendientes de la vía, filtraciones de agua y las probables causas de colapso de laderas.

### **Rocas**

La roca nos ayudó a investigar la relación del fracturamiento con la resistencia de la roca (GSI), los datos elementales para determinar el RMR de la roca andesita presente en un 90% en el tramo del terreno.(Piteau D.R. & Clayton R.,1977). Luego se calculó física - matemática relacionado a geotecnia y geomecánica de la estabilidad de los materiales con relación a los taludes adyacentes a la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple.



**FIGURA No. 28: DIFERENTES ESTUDIOS A REALIZAR DE SUELO – ROCA**  
(EL AUTOR, 2016)

Se utilizó softwares con los parámetros técnicos, para hacer simulaciones y determinar los factores de seguridad, los taludes adecuados para encontrar su estabilidad evitando que sus caídas interrumpen el normal uso de la carretera.

### C) Procedimiento y Análisis Interpretativo

Luego de recabar la información en campo y obtener la información del laboratorio se hacen los cálculos, para después laborar las conclusiones y recomendaciones.

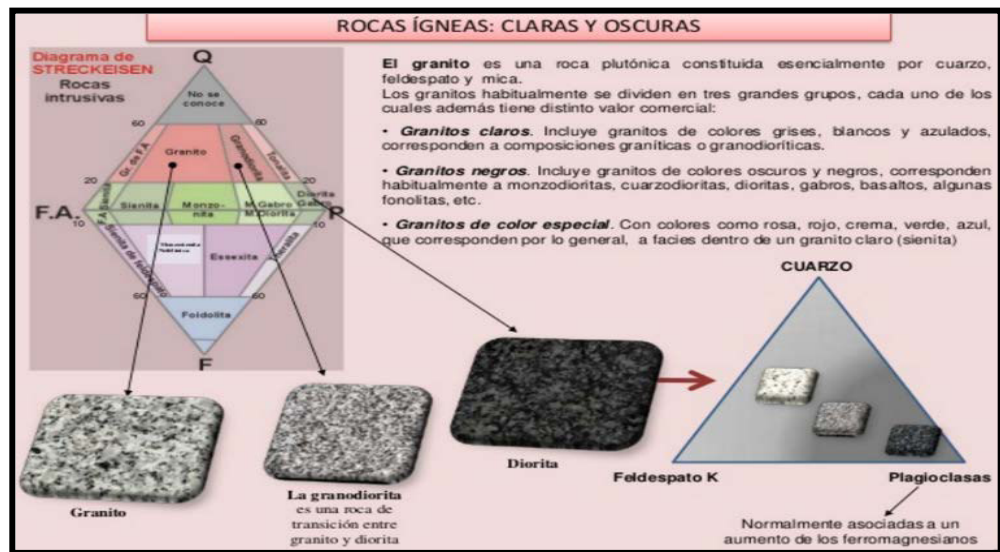
Instrucción de recabación de datos:

C.1. Los datos que se acopian en campo van en un informe técnico que sirvió de base para desarrollar esta tesis.

C.2. Al enviar las muestras de suelo y roca al laboratorio, para obtener los parámetros geotécnicos, debe indicarse el tipo de ensayos tales como:

Corte directo, ensayos Triaxial, límites de Atterberg, etc. Luego se aplica las formulas físicas-matemáticas y los softwares.

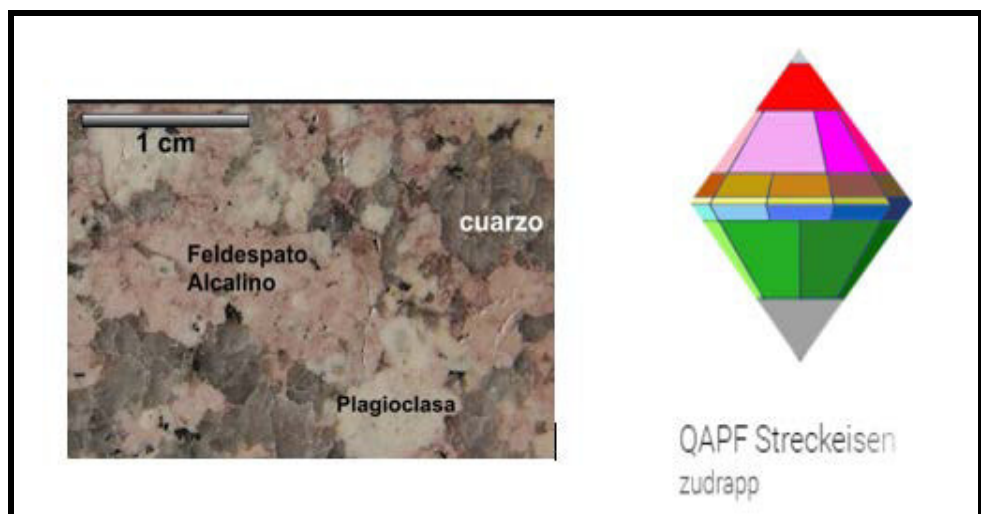
### C.3. QAPF STRECKEISEN



**FIGURA NO. 29: SOFTWARE DE PETROLOGÍA. QAPF STRECKEISEN (EL AUTOR, 2016)**

ES UN SOFTWARE QUE SEGÚN LA COMPOSICIÓN MINERALÓGICA EN PORCENTAJES DE:

Cuarzo, composición de dióxido de silicio, alta dureza, escala de Mohs= 7, raya blanca, cristalización hexagonal.



**FIGURA NO. 30: RED DE QAPF STRECKEISEN (EL AUTOR, 2016).**

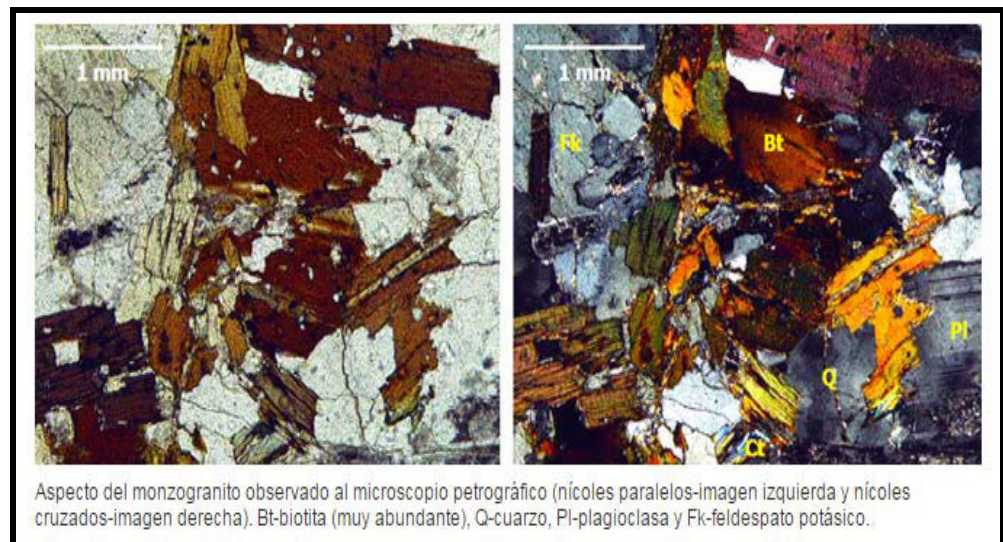
## Feldespatos

Alcalinos: Un feldespato alcalino es cualquiera de los variados minerales de silicato comunes, que se encuentran muy a menudo en cristales vítreos de color blanquecino o de apariencia colorida.

Los feldespatos alcalinos pueden ser considerados como mezclas de aluminosilicatos sódicos ( $\text{Na AlSi}_3\text{O}_8$ ) y aluminosilicatos potásicos ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ). Tanto los aluminosilicatos de sodio como los de potasio, tienen formas distintas, cada uno con su propia estructura.

## Plagioclasas

Es un conjunto de minerales que comprenden la serie albita-anortita, sección triclinica del grupo de los feldespatos, perteneciente al grupo de los tectosilicatos, que es un constituyente importante de muchas rocas.



**FIGURA NO. 31: SECCIÓN DELGADA MUESTRA LOS PRINCIPALES MINERALES DE LAS ROCAS (POR EL AUTOR)**

## Feldespatoides

Son un grupo de tectosilicatos minerales parecidos a los feldespatos pero con una estructura diferente y aproximadamente un tercio menos de contenido de sílice; son silicatos anhídridos



formados a partir de soluciones alcalinas. Se los encuentra en rocas ígneas, aunque son poco usuales. Se define el tipo de roca.

## Materiales peligrosos-desestabilizantes del medio ambiente y de la geología de las carreteras

El medio ambiente geotécnico y los factores que causan impacto negativo a la estabilidad de los taludes:

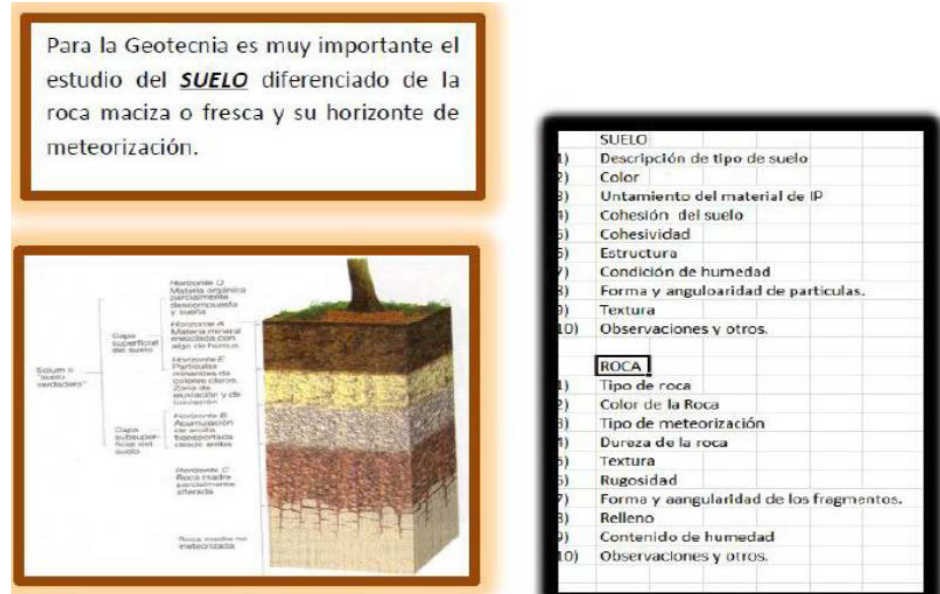


Figura No. 32: Análisis de rocas y suelos (El autor, 2016)



FIGURA NO. 33: ZONA FRONTERIZA ENTRE LA ROCA Y EL SUELO DENOMINADA ZONA INTERMEDIO CAUSADA POR: METEORIZACIÓN-ALTERACIÓN-METAMORFISMO, (POR EL AUTOR).

La arcilla en suelo geotécnico o perfil del suelo geotécnico dentro de un talud, existen siguientes casos principales:

La arcilla que aumenta con la infiltración de las aguas y origina fracturamientos mayores.

La arcilla que se disuelve con las filtraciones.

Los suelos alcalinos son suelos arcillosos con pH elevado ( $>9$ ), estructura pobre y densa, baja capacidad de infiltración y lenta permeabilidad. Poseen a menudo una capa calcárea compacta a una profundidad de 0.5 - 1 m.

Las propiedades físicas desfavorables de estos suelos se deben mayormente a la presencia de carbonato de sodio, que causa la expansión de la arcilla cuando están húmedas.

Su nombre lo derivan del grupo de metales alcalinos al cual pertenece el sodio, que puede originar condiciones básicas.

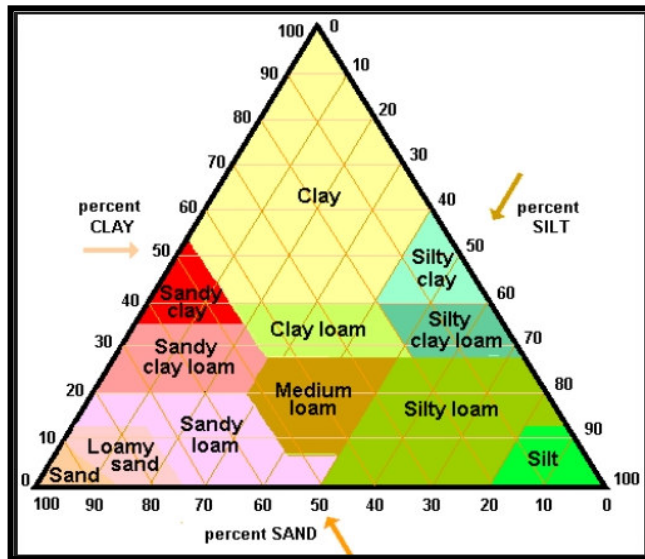
Suelos que son básicos por otras razones no se llaman alcalinos: todos los suelos alcalinos son básicos, pero no todos los suelos básicos son alcalinos.

Los suelos alcalinos son el opuesto de los suelos sulfatados ácidos que tienen un  $\text{pH} < 5$ .

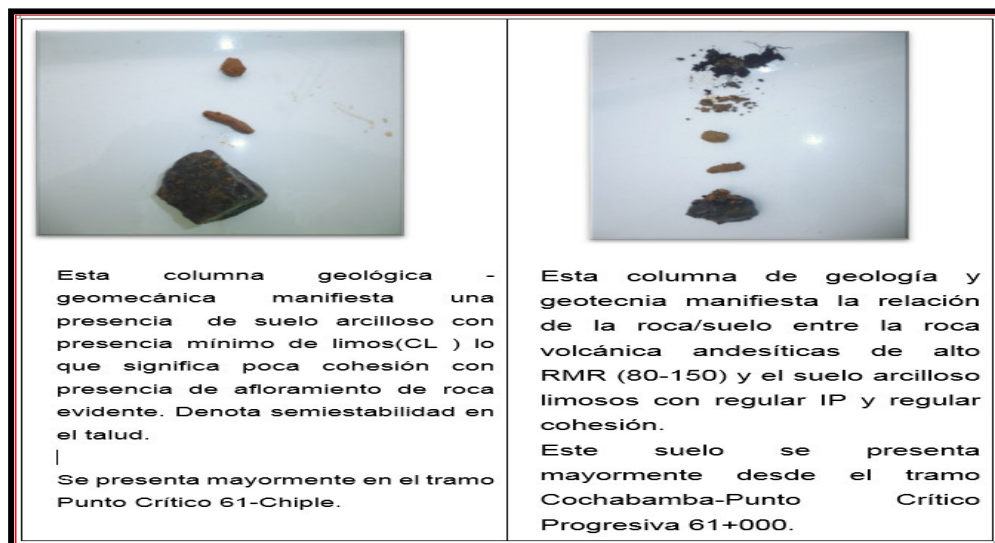


**Figura No. 34: Clases de estructuras de los suelos geotécnicos.  
(POR EL AUTOR)**





**FIGURA No. 35: MALLAS DE SUELOS ARCILLA-ARENA-LIMO (POR EL AUTOR)**



**Figura No. 36: Perfiles geotécnicos (Por el autor)**

### **El agua filtrada y el post-fractura miento.**

En climas secos serranos existen dos casos:

- Quando el agua se infiltra en el subsuelo, el calor del día evapora el agua antes congelada y existen oquedades y se producen colapsos.

b) Por las noches el agua se congela y crean post fracturamiento, el agua cuando se pone en estado sólido-hielo rompe las estructuras ya antes fracturadas (Starosolzky O. & Melder O.M., 1989).

### Análisis medio ambiental aplicado a la geotecnia del tramo de la carretera.

CATEGORÍAS DE VALOR INTEGRAL DE IMPACTOS	
Mayor de 17	Alto o Grave
15-17	Media o Moderado
11-14	Baja
Hasta 10	Mínima

**CUADRO No.11: CATEGORÍA DE VALOR INTEGRAL DE IMPACTOS (POR EL AUTOR)**

Cuadro del Sistema de Evaluación aplicada a Geotecnia					
Componentes Ambientales		Geológicos	-	Tramo Cochabamba – Punto Crítico Progresiva 61+000	Punto Crítico Progresiva 61+000 - Chiple
Zonas de Impacto					
Suelo	Perdida de suelos por emplazamiento de estructuras		1		1
	Alteración de Paisaje e interrupción de tráfico		2		1
	Modificación del relieve		1.5		2
Agua	Modificación de la red de drenaje		2		2
	Alteración de la de la cantidad y calidad del agua.		1.5		1
	Modificación del caudal del agua superficial		1		1
Estructura-Fenómeno o Material	Desprendimiento de Roca		2		1
	Erosión de ladera		2		1
	Erosión de borde de la vía		2		1
	Huayco		2		2
Promedio en base a los Parámetros de valoración Zonal			17		1
Parámetro Promedio de Valoración Integral			15 Moderado		
					3

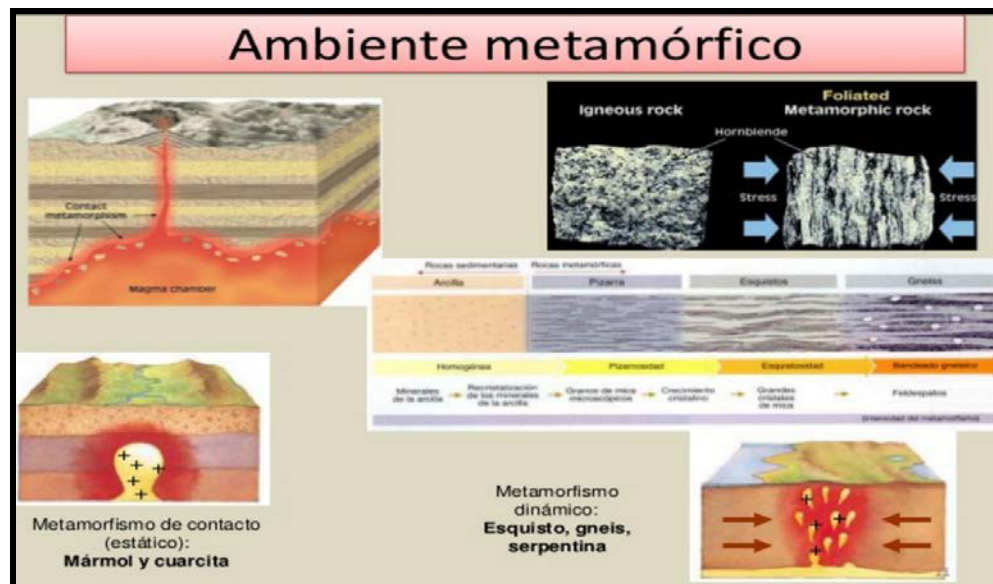
**CUADRO No.12: EVALUACIÓN AMBIENTAL APLICADA A GEOTECNIA (POR EL AUTOR)**

**Parámetros de valoración por ítem:**

0.5 =	Índice Cuantitativo Leve
1-1.5 =	Índice Cuantitativo Riesgoso
2 =	Índice Cuantitativo Muy riesgoso

**CUADRO NO. 13: PARÁMETROS DE VALORACIÓN (POR EL AUTOR)**

La roca sedimentaria Lutita, y las rocas metamórficas esquisto y pizarra.



**FIGURA NO. 37: AMBIENTE METAMÓRFICO Y LOS MATERIALES DESESTABILIZANTES. (POR EL AUTOR)**



**FIGURA No. 38: ESQUISTO Y PIZARRA, ROCAS QUE SON DESESTABILIZANTES EN LAS ESTRUCTURAS NATURALEZA. (POR EL AUTOR, 2016)**

Cuando las andesitas y dioritas tienen halos resultado de las altas presiones y temperaturas las composiciones arcillosas se comienzan a generar de tal manera, que después de un disparo el material rocoso que tenía un RMR 80 - 90, con el agua y las filtraciones se convierten en suelos geotécnicos que hay que saber tratar.

## **5.10. Población de Estudio**

### **5.10.1. Población Directa**

Son las Muestras recabadas en las laderas y taludes de la carretera donde se han hecho remodelaciones y estabilizaciones con relación a las poblaciones para que no tenga repercusiones en el uso de las carreteras, Para ello se hizo un estudio poblacional.

### **5.10.2. Población Indirecta**

Son las muestras recabadas adyacentes del tramo de esta carretera.

### **5.11. Fases de la investigación**

**Etapas I.** Recopilación de Información existente consistente en estudios anteriores, planos, boletines geológicos, etc.

#### **Ministerio de Energía y Minas**

En las vías Chongoyape-Cochabamba-Chota y Cochabamba-Cutervo-Puerto Chiple. Cochabamba (Chota).- El alcalde del distrito de Cochabamba, Guillermo Vásquez Chingo, pidió a los congresistas cajamarquinos Segundo Tapia Bernal y Mesías Guevara Amasifuen que soliciten la intervención del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para habilitar las vías Chongoyape-Cochabamba-Chota y Cochabamba-Cutervo-Puerto Chiple, que están interrumpidas por los constantes derrumbes.

#### **Etapas II**

##### **Fase campo**

Reconocimiento previo de la zona Cochabamba, Cutervo, Chiple.

Recolección de datos: coordenadas de las zonas inestables.

Determinación de las Progresivas de los tramos de la carretera.

Determinación discrecional entre Áreas de Impacto Positivo y Negativo, trabajar e investigar solo las zonas de Alto Riesgo=Áreas de Impacto Negativo.

Estudios de Mecánica de Rocas para recabar datos de GSI, RMR, Q, etc.

Estudios de Mecánica de Suelos para recabar caracterización de los diferentes tipos de suelos, material sedimentario.

Análisis Hidrológico (Influencia del factor pluvial y fluvial), Hidrogeológico (filtraciones, líneas de flujo de los materiales suprayacentes, líneas de flujo de materiales infrayacentes, líneas equipotenciales, piezómetros, caudalimetría, etc.

### **Fase gabinete**

Revisión previa de antecedentes como informes de estudio geotécnico realizados con anterioridad.

Generar perfiles de los taludes a partir de los planos de los relieves geomorfológicos, planos de geología histórica y planos topográficos a escala gráfica para hacer cálculos físicos-matemáticos-geométricos-empíricos aplicados de Geotecnia y Geomecánica en el tramo de la carretera: Cochabamba, Cutervo, Chiple.

### **5.12. Análisis e interpretación de la información**

Luego se recabará información de campo y laboratorio con relación a los taludes, el siguiente paso es el trabajo procesal de gabinete y tiene las siguientes etapas de interpretación:

a). Se realizará los cálculos y las aplicaciones de softwares en base a datos geológicos-geotécnicos-geomecánicos de suelo-roca y fluidos con relación a los taludes adyacentes a la carretera.

**a.1.** Aplicación sinérgica de las ciencias que permitirán conocer el comportamiento de los taludes y estabilizarlos.

**b.1.** Mediante la ciencia de la Geología se determinará los tipos de suelos y rocas que están conformados por los taludes, sus propiedades físicas y químicas. Nos permitirá determinar la geodinámica interna y externa de los cuerpos, es decir, materiales del suelo y roca.

**b.2.** Con la Geotecnia determinaremos el factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudo-estáticas que se basa en aplicaciones de la honda horizontal de la aceleración sísmica de los taludes según la ubicación en el Perú con relación a las

líneas de iso-aceleraciones que se obtienen de IGN (Instituto Geofísico Nacional del Perú).

Se determina las pendientes de los taludes para una estabilidad adecuada usando softwares para realizar simulaciones con diferentes pendientes, áreas, volúmenes y determinar los taludes adecuados adyacentes a la carretera.

**b.3.** Se aplicará la mecánica de suelos, para determinar la clase de suelo presente en los taludes adyacentes a la carretera, su comportamiento, su dinámica y su posterior deducción de estabilidad.

**b.4.** Se aplicará la mecánica de rocas, para determinar el comportamiento del macizo rocoso, se usa la aplicación del GSI, RMR-Q y determinamos el comportamiento, conducta y dinámica de las rocas. (Romana M., 1985)

**b.5.** La mecánica de fluidos, se aplicará en el estudio de hidrología que estudia las aguas superficiales (factor pluvial y fluvial), Hidrogeología que estudia las infiltraciones, las napas freáticas, línea de máxima saturación, líneas de flujo, piezómetros materiales o simulados, etc.

**b.6.** El análisis ambiental y la ecología jugarán un papel muy importante sobre todo por la humedad diferencial y el comportamiento de las arcillas.

### Observación y Análisis

Las observaciones analíticas son visiones con sentido científico, observar el tipo de muestra adecuada es muy importante para para la realización de un informe, plan o proyecto.

La adecuada observación técnica científica para ser considerada como tal tiene que ser analítica, descriptiva y

detallada, para recoger muestras y recabar información de campo.

Para este tipo de trabajo de proyecto de tesis solo se puede aceptar observaciones estructuradas o sistemáticas, porque es un trabajo muy delicado que implica mucho peligro el colapso, subsidencia, derrumbe o reptación de los taludes, debe ser una observación seguida de una auscultación.

### **La Escala de observación VS. Escala Topográfica**

Está directamente relacionada con la escala de detalle del plano topográfico, porque si no hay una proporcionalidad entre la observación que se recaba en campo más los datos, es imposible volcar o poner datos en un plano si la escala no la adecuada.

### **Validación de instrumentos**

De hecho todos los instrumentos como Estación total y GPS deben estar de calibrados de acuerdo a los estándares internacionales, la picota tiene que ser profesional para poder trabajar sobre los datos de GSI.



6. Marco del sistema integrado de gestión del proyecto y marco geológico regional-local-micro estructural.

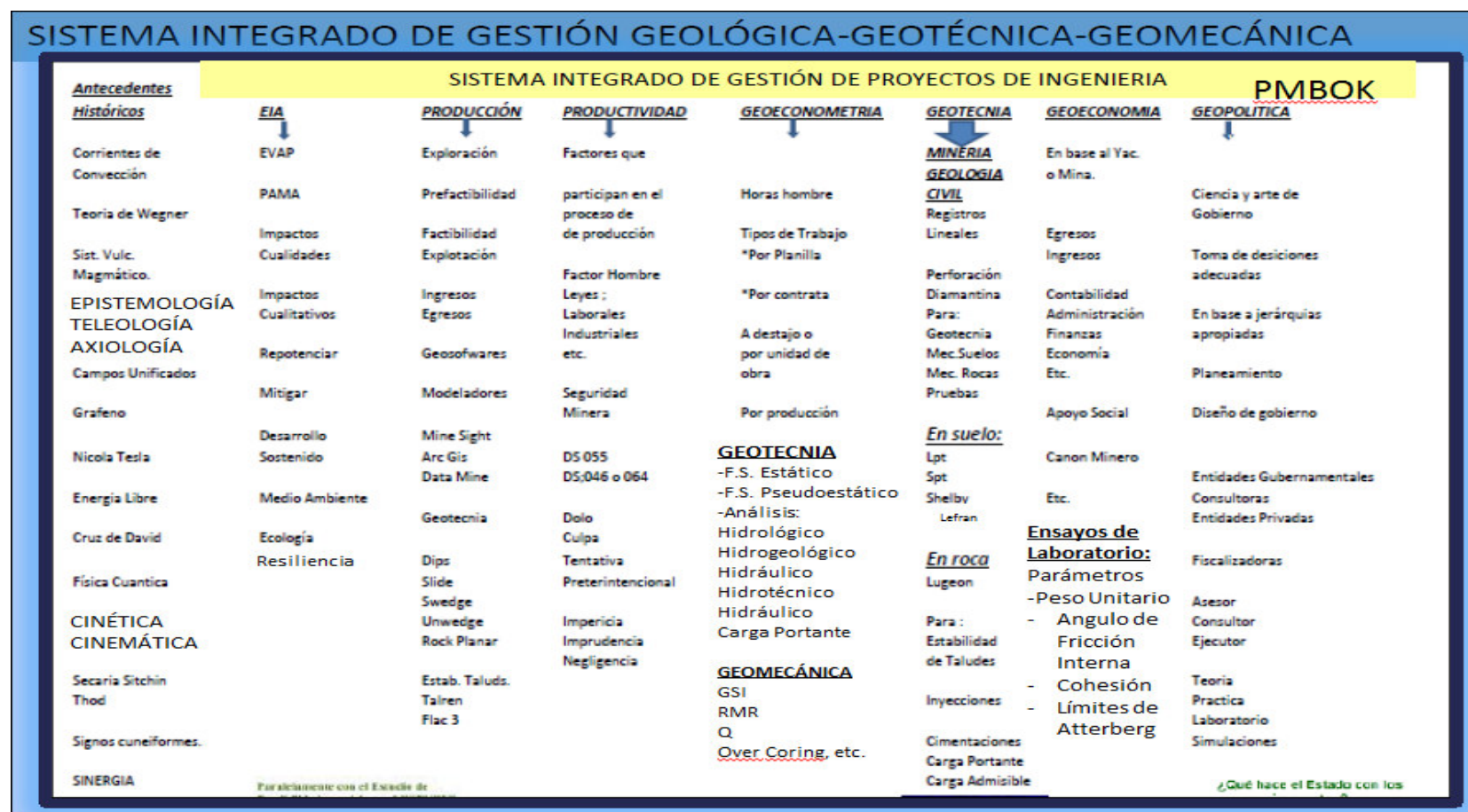


FIGURA No. 39: SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA. SISTEMA HOLÍSTICO-TELEOLÓGICO Y EPISTEMOLÓGICA PARA CUBRIR TODOS LOS TEMAS COMPETENTES AL TRABAJO (POR EL AUTOR)

## 6.1. Geología especializada tectónica-estructural

La siguiente figura muestra la unificación de los factores estructurales creados por la tectónica en las cuales observamos en la carretera

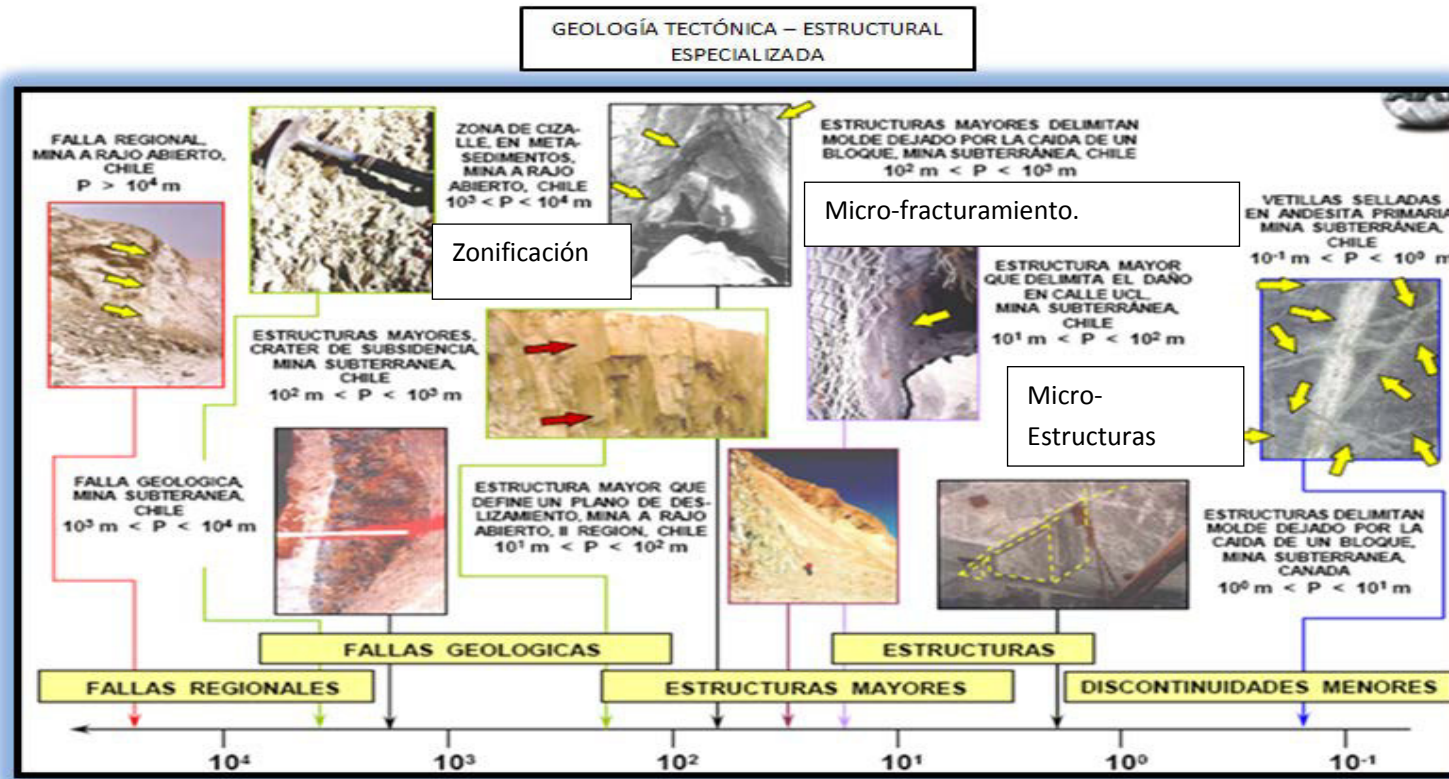
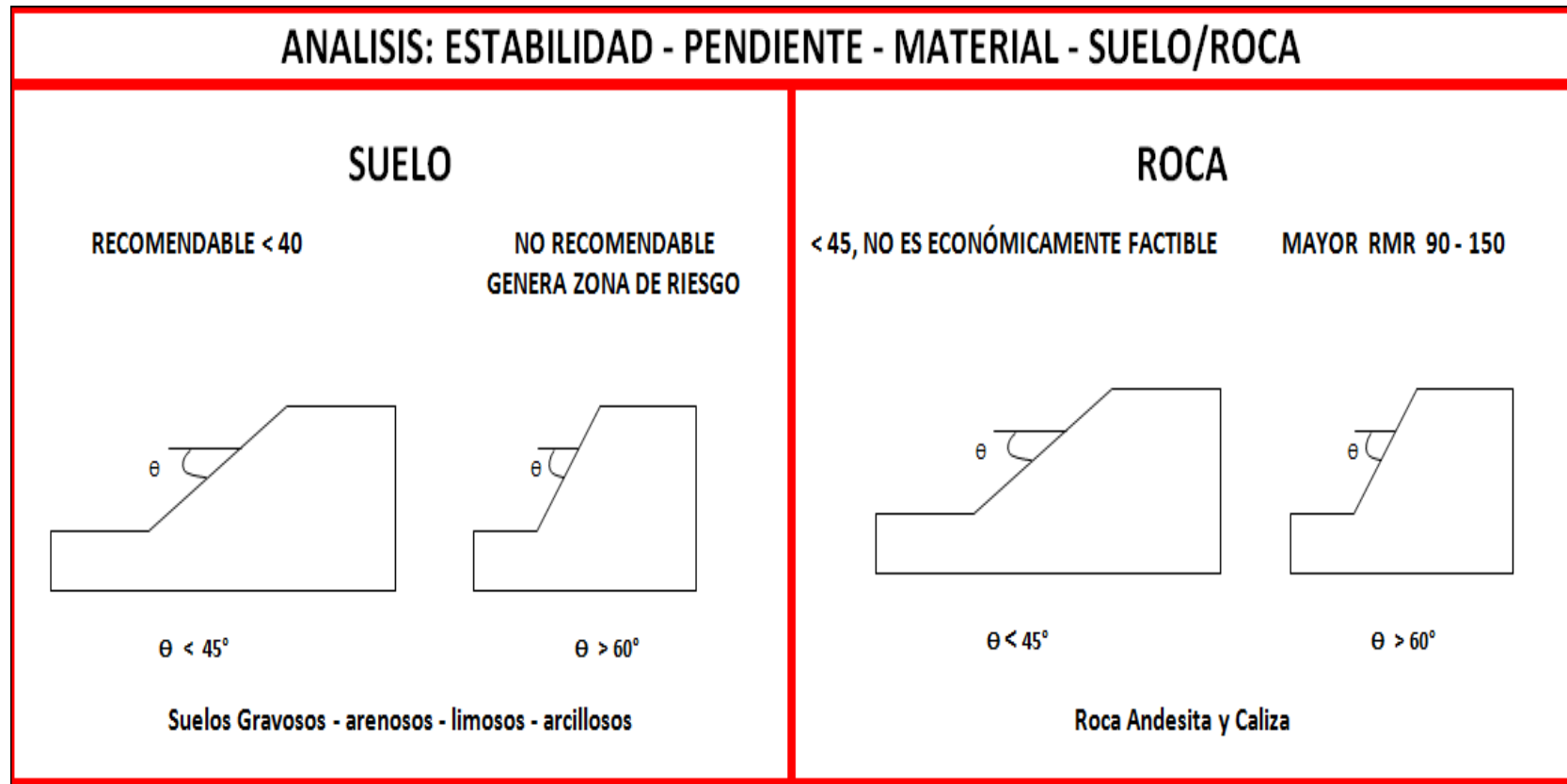


FIGURA NO. 40: GEOLOGÍA TECTÓNICA-ESTRUCTURAL ESPECIALIZADA (POR EL AUTOR)

**6.2. Esquema y diseño de taludes según el RMR de la roca y suelo con relación a su cohesión y Angulo de fricción interna**



**FIGURA NO. 41: PENDIENTES SEGÚN LOS MATERIALES, RMR Y COHESIÓN (POR EL AUTOR)**



### 6.3. Distribución de rocas y suelos en el área de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple

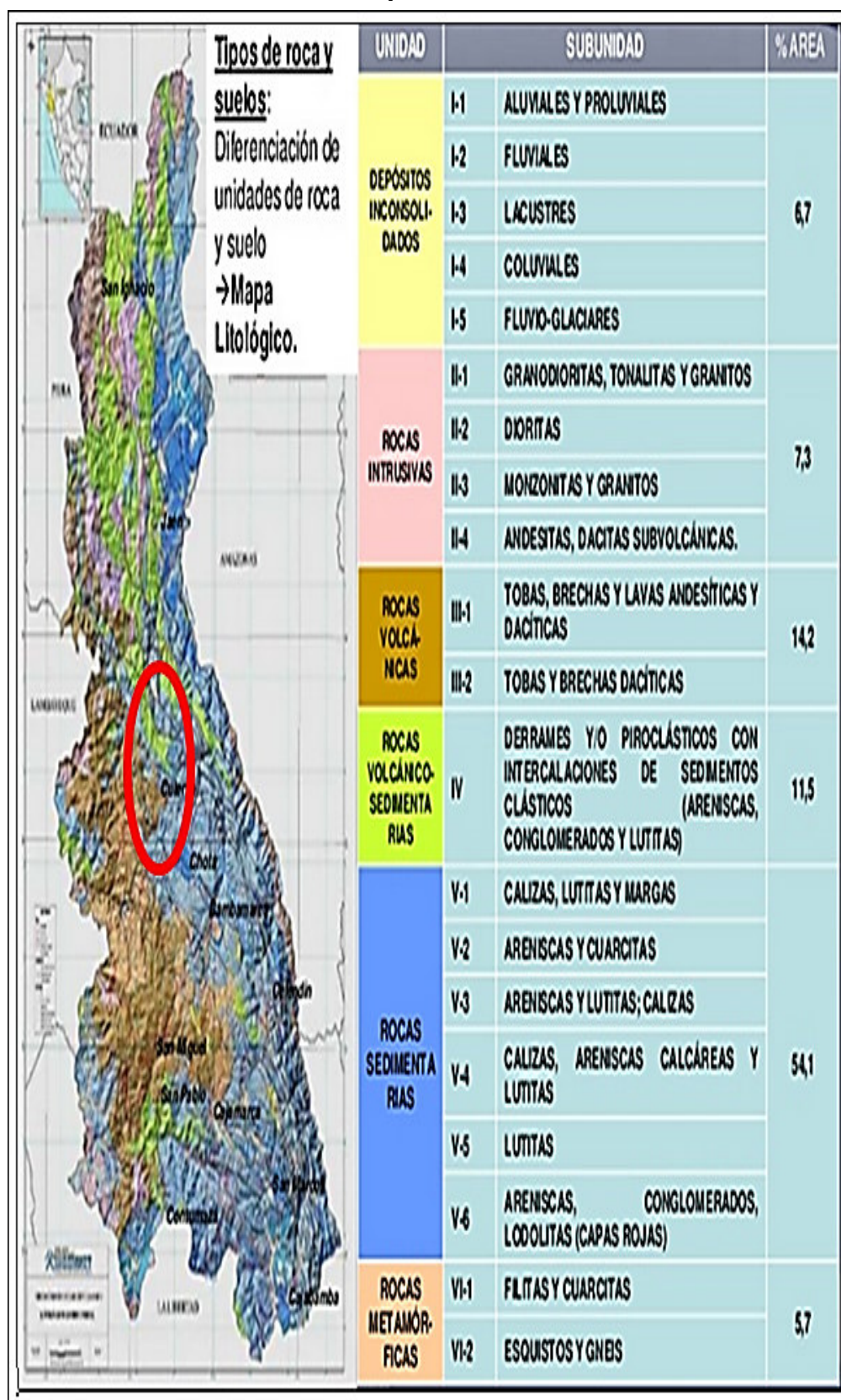


FIGURA No. 42: DISTRIBUCIÓN DE LAS ROCAS Y SUELOS DEL TRAMO DE LA CARRETERA (POR EL AUTOR)

#### 6.4. Petrología y propiedades geotecnicas de las rocas y suelos

Muestra en mano

La figura muestra el tipo de materiales roca y suelo encontrado en la carretera y su clasificación según las propiedades que presentaron.

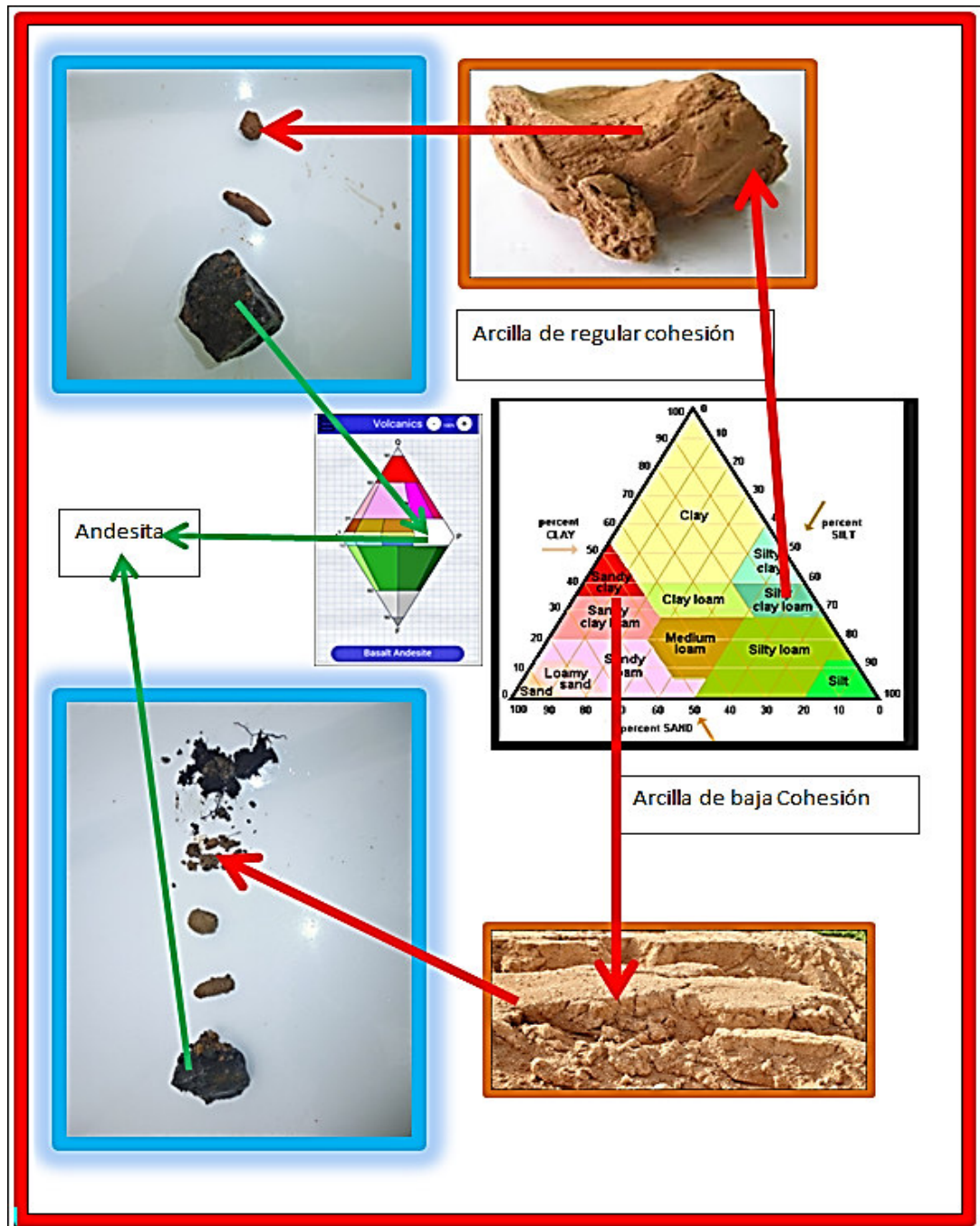


FIGURA NO. 43: COMPOSICIÓN DE LOS SUELOS (POR EL AUTOR)

Propiedades y parámetros geotécnicos-geomecánicos y descripción de los suelos.

TIPOS DE SUELO	DESCRIPCIÓN	COLOR
ARCILLA LIMOSA	Suelo de alto índice plástico y alta cohesión.	ANARANJADO ROJIZO
ARCILLA GRANULAR	Suelo de bajo índice plástico y baja cohesión.	ANARANJADA PÁLIDA
GRAVA ARENOSA ARCILLOSA	Suelo de bajo índice plástico y baja cohesión.	CAQUI
GRAVA ARENOSA	Suelo de bajo índice plástico y baja cohesión	BLANQUECINA
TIPO DE ROCA	DESCRIPCIÓN	COLOR
ANDESITA	Roca con RMR de 90 - 150	PLOMO
CALIZA	Roca con RMR mayor de 60	BLANCO

Cuadro No. 14: Descripción de los suelos según plasticidad y cohesión. (Por el autor)



Figura No. 44: Muestras de las rocas más desestabilizantes del tramo Sección delgada y muestra de campo de la carretera (Por el autor)

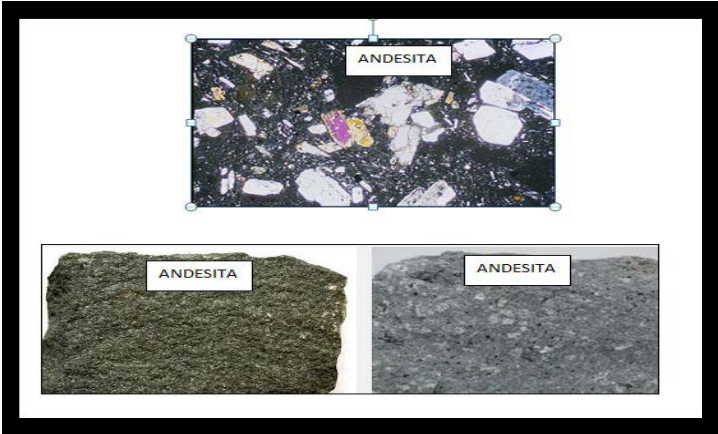


FIGURA NO. 45: MUESTRA DE LA ANDESITA, ES LA ROCA MÁS ESTABLE DE ALTA RESISTENCIA DE LA ZONA DE LA CARRETERA (POR EL AUTOR)



## 7. Análisis Estáticos, Pseudo-Estáticos, hidrológico-hidrogeológico-hidráulico-hidrotécnico

(Ver perfiles de Slides en CD). Ver Figs. No.50 a 60. (González del Valle, L., 2002).

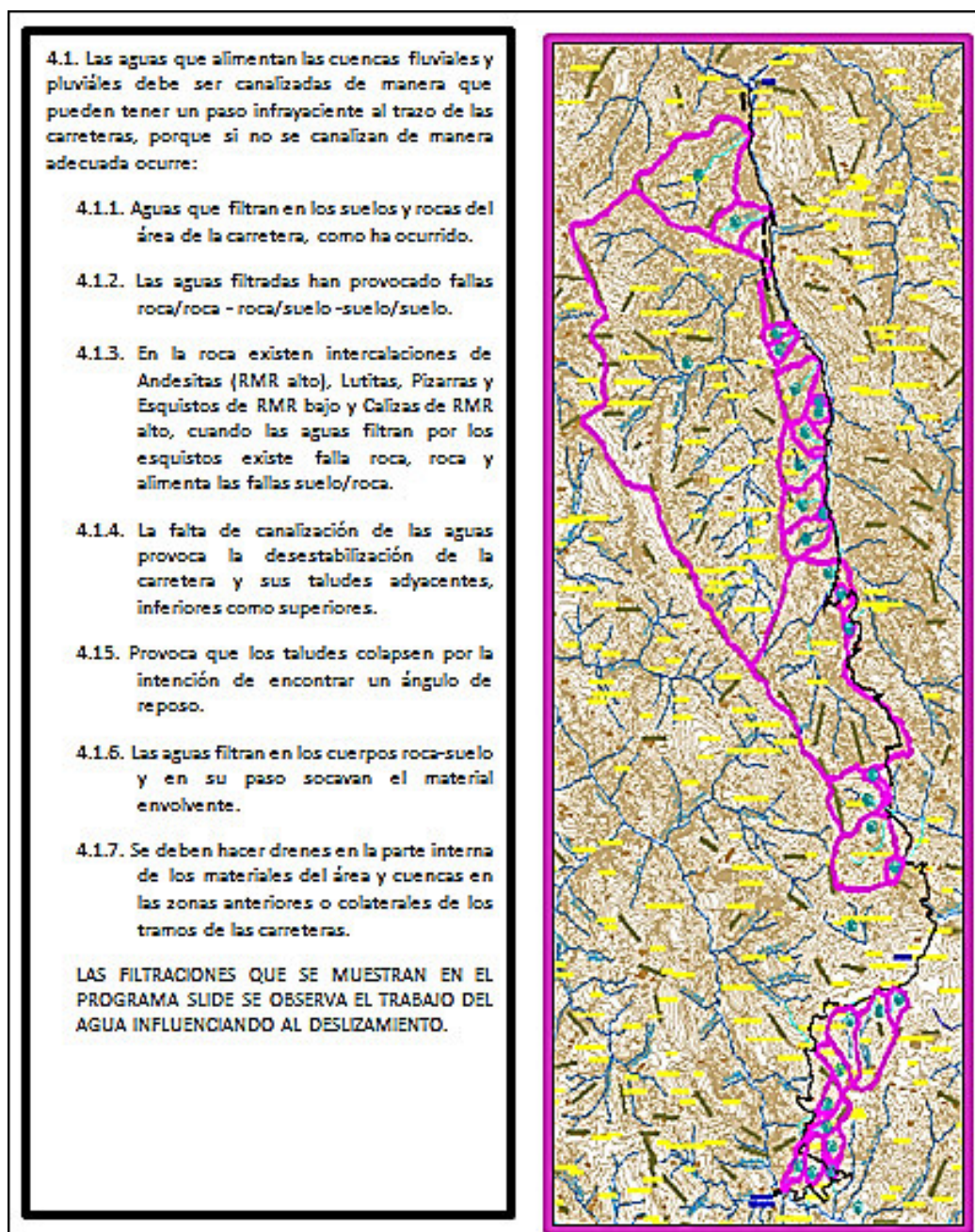
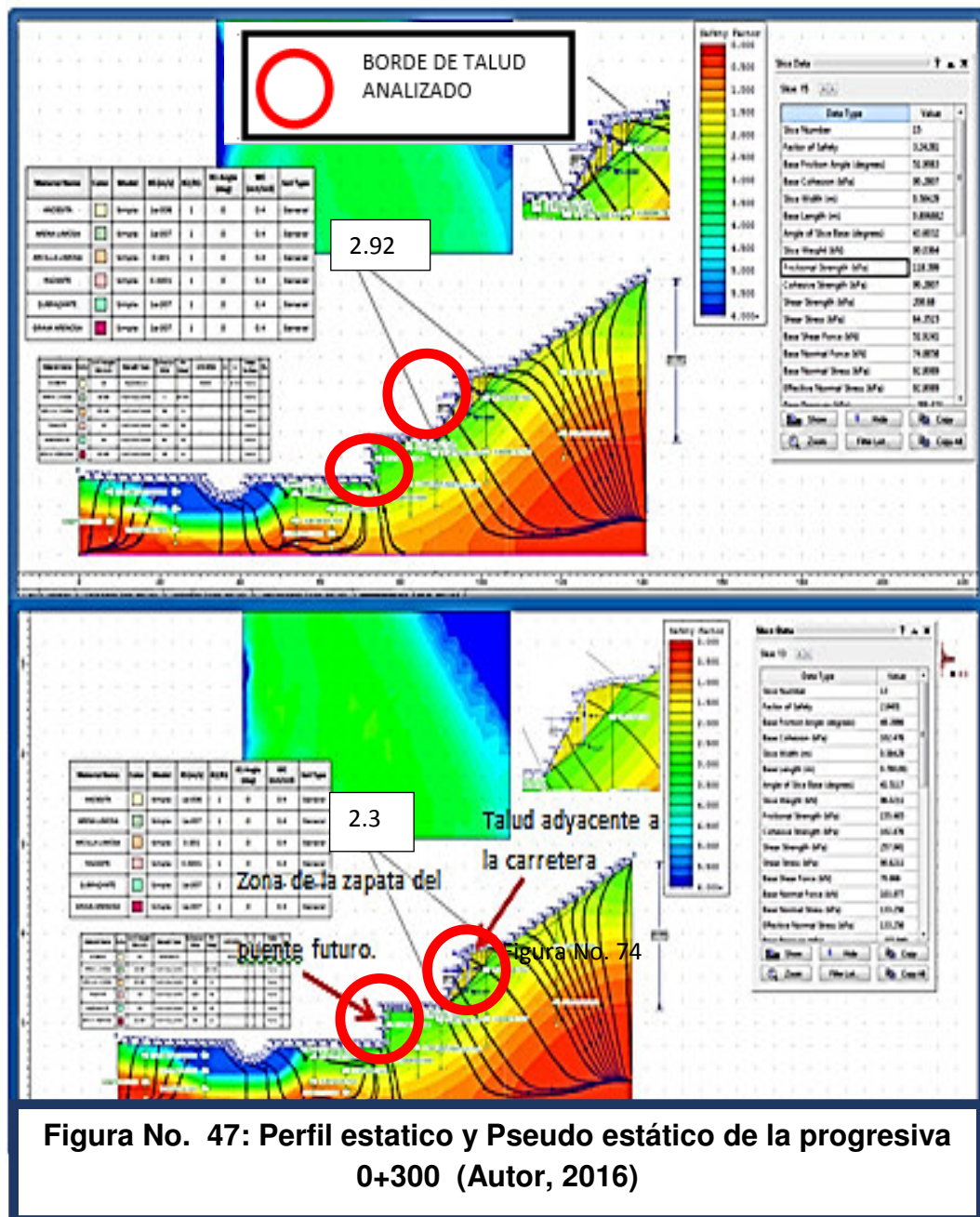


Figura No. 46: Cuenca hidrológica del área adyacente a la carretera cochabamba-cutervo-chiple (Por el autor)

## Perfiles Estáticos y Pseudo-Estáticos

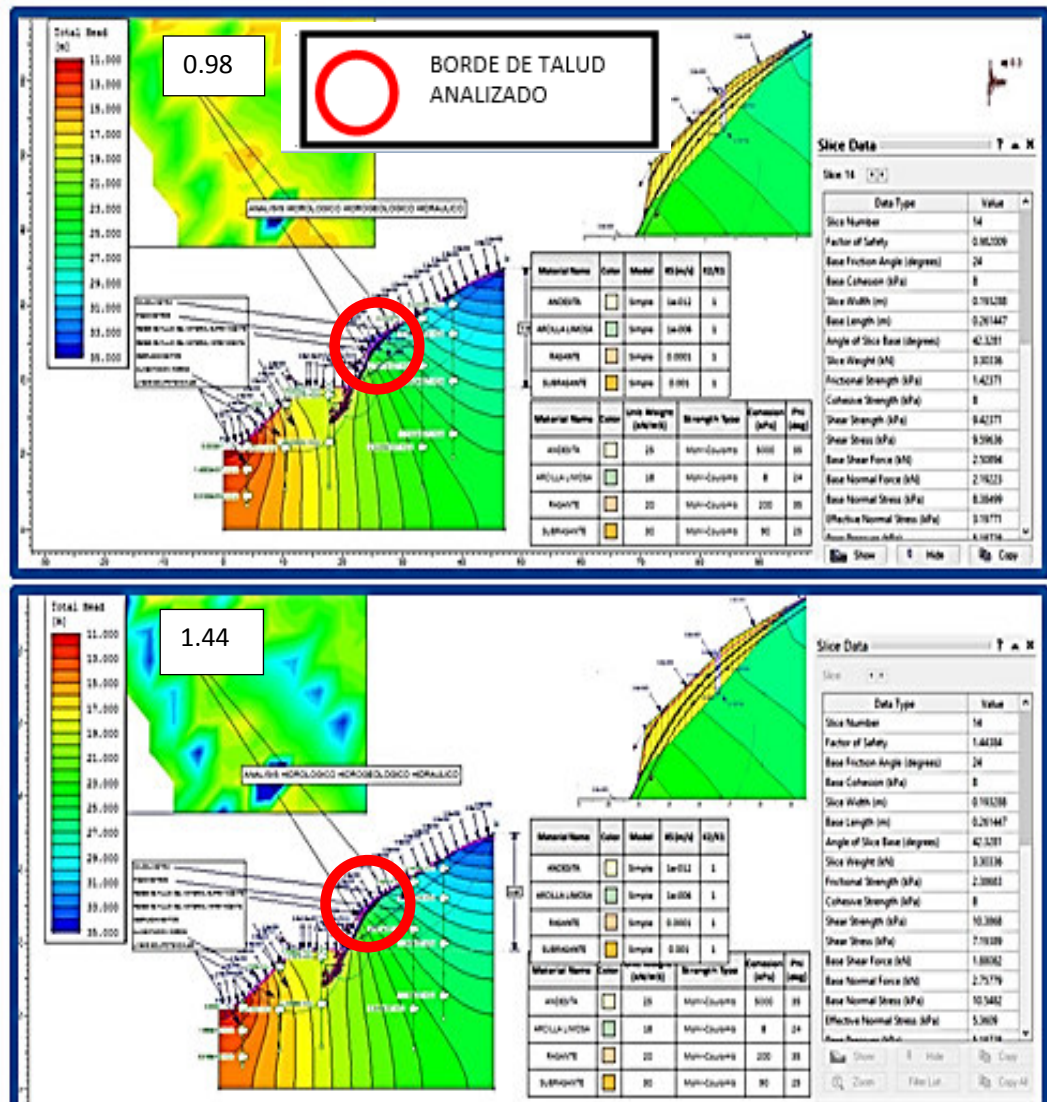
Progresiva: 0+300



Las líneas de flujo y las líneas equipotenciales no están afectando mucho a los factores de seguridad estáticos y pseudo-estáticos. La zona del talud adyacente a la carretera está estable y la zona donde se encuentra la futura locación del la zapata que soportará la carga del puente también se encuentra estable sin alteración grave de alguna filtración.



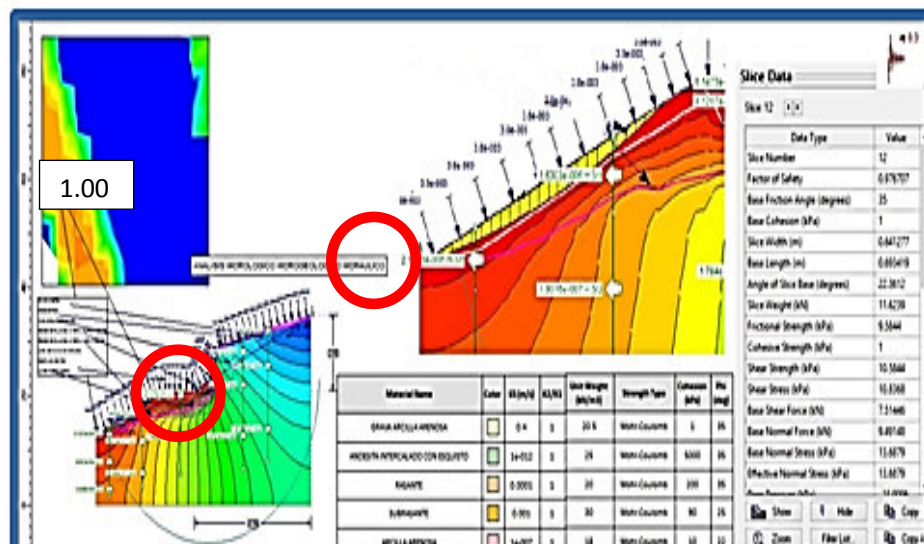
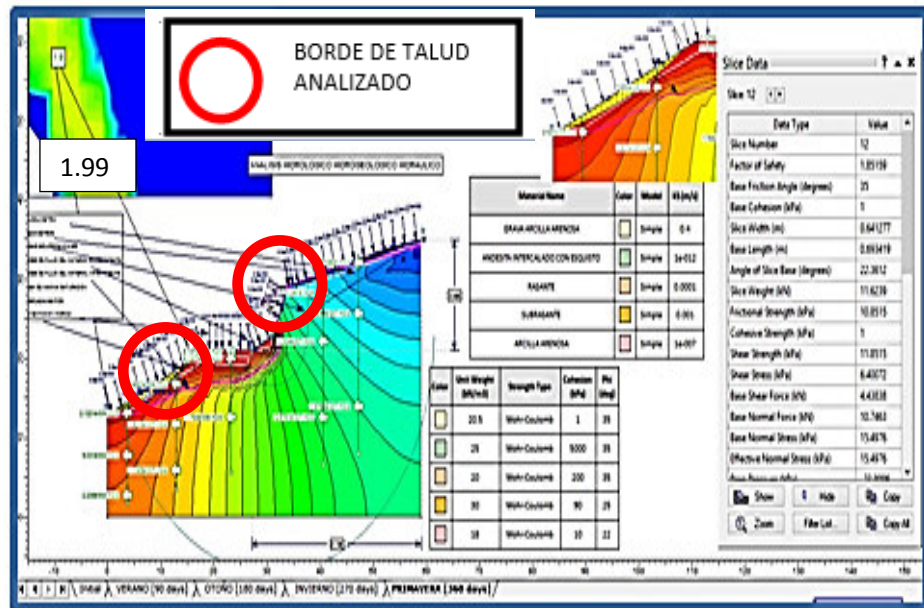
## Progresiva: 23+040



**Figura No. 48: Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 23+040 (Autor, 2016)**

Este talud en condiciones pseudo-estáticas más filtraciones de agua van a colapsar si no se hace la instalación correcta de paredes de contención con un adecuado estudio de hidrotecnia para poder canalizar las aguas de filtración de la manera mejor posible. Este Análisis hidrológico, hidrogeológico, hidráulico y de estabilidad nos da una idea como se filtra agua en este talud y como influye en su inestabilidad.

## Progresiva: 33+230

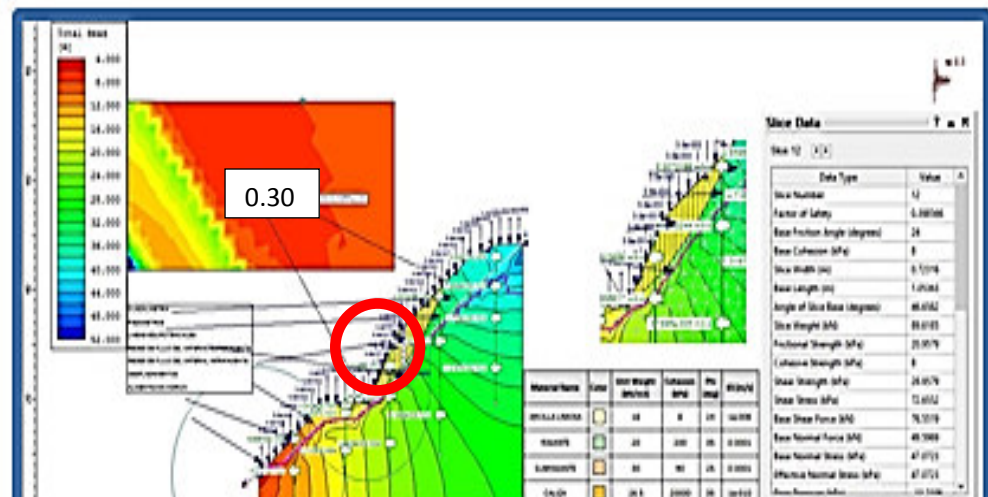
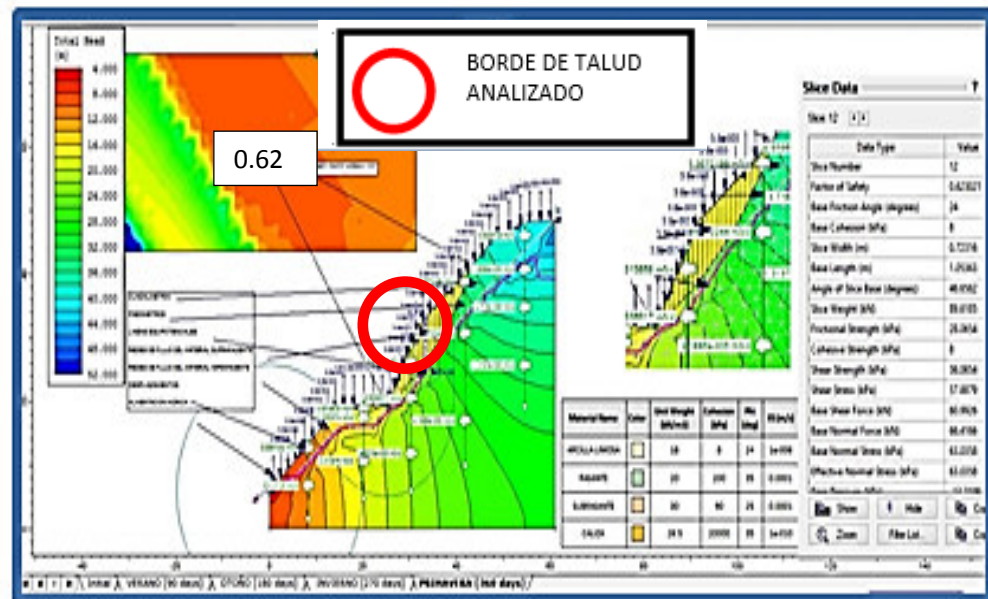


**Figura No. 49: Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 33+230 (Autor, 2016)**

Después de colapso de material la pendiente obtenido su propio ángulo de reposo y ha conseguido un factor de seguridad de estabilidad tanto en el análisis estático como en el pseudo-estático y en el análisis hidrológico, hidrogeológico, hidráulico por ahora no está afectando a la estabilidad.



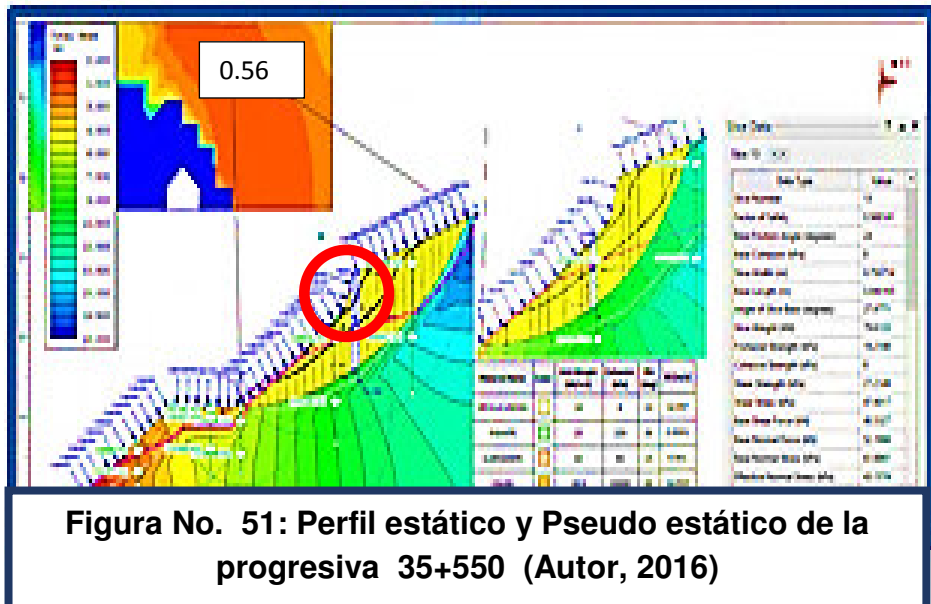
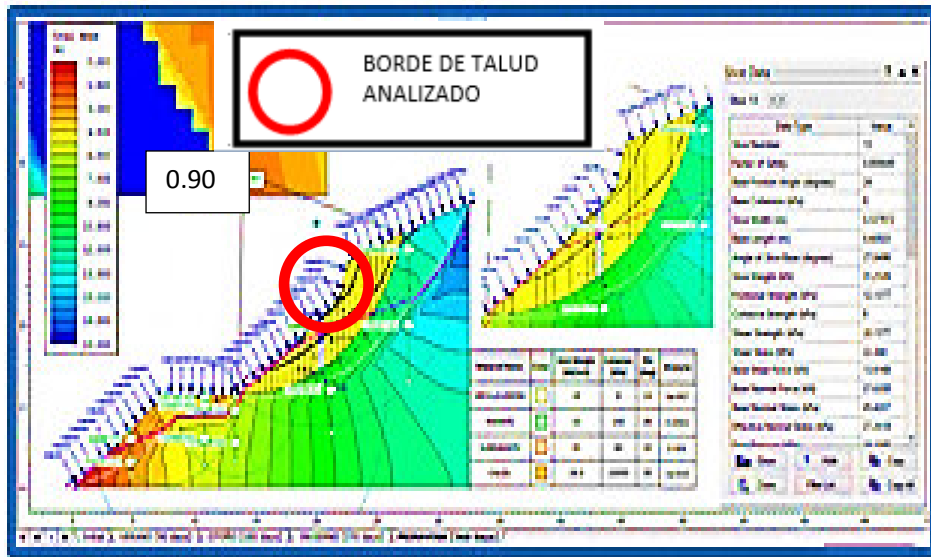
## Progresiva: 35+380



**Figura No. 50: Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 35+380 (Autor, 2016)**

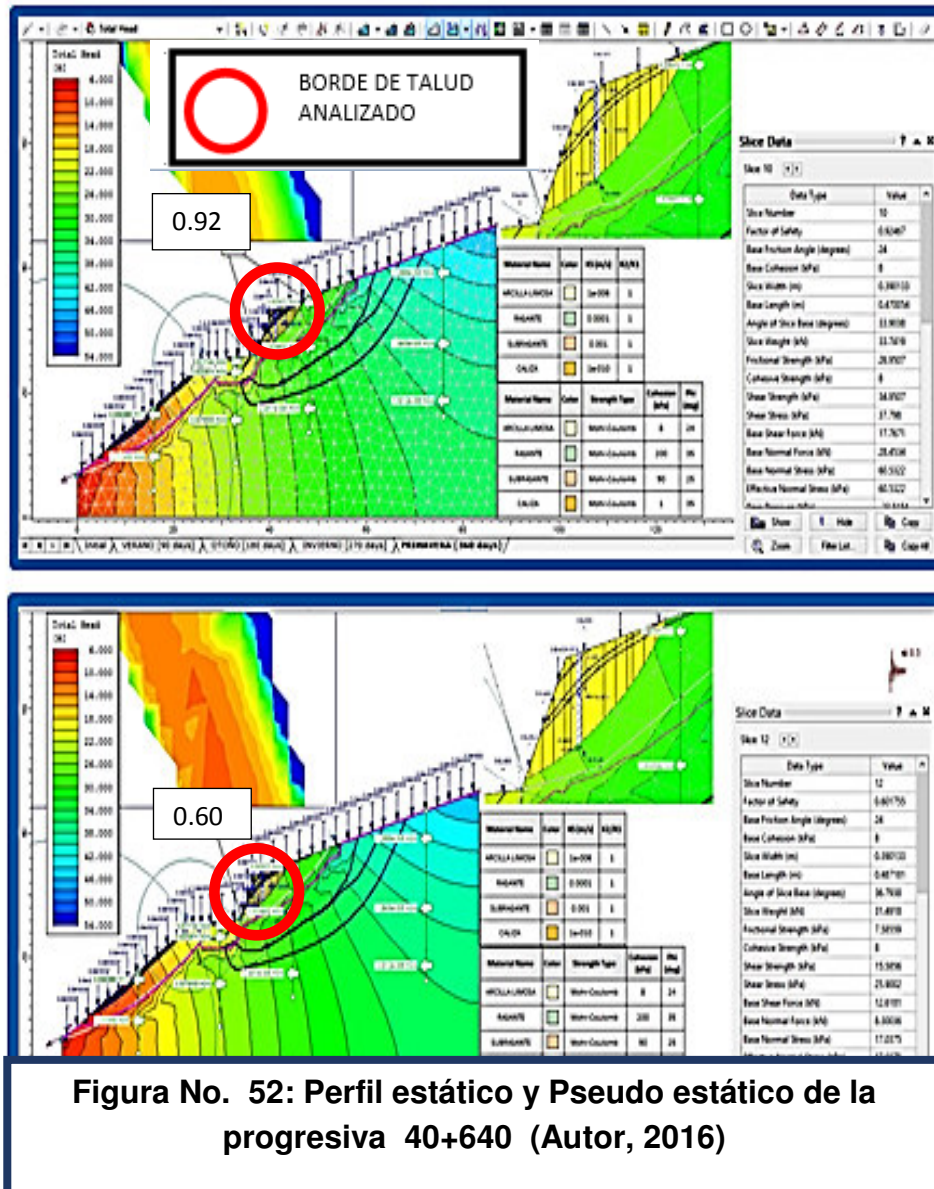
Definitivamente el ángulo de la pendiente tiene que bajarse a menos 40° la pendiente es muy alta por eso es que el factor de seguridad es negativo en los dos análisis: estático y pseudo-estático. Mientras que en el Análisis hidrológico, hidrogeológico, hidráulico se necesita de manera factual canalizar las aguas para que no afecte al nuevo modelo de diseño adecuado del talud.

## Progresiva: 35+550



El ángulo tiene que ser menor para determinar la estabilidad de la pendiente del talud de tal manera de estabilizar la pendiente y evitar colapso tener como valor estático como 0.9 está muy por debajo del nivel mínimo promedio que es 1.5 como factor de seguridad y determinar 0.3 en un análisis pseudo-estático es una pendiente considerada de muy alto riesgo en movimiento sísmico, si le sumamos las filtraciones concluimos que esa pendiente es muy peligrosa y puede crear serios colapsos.

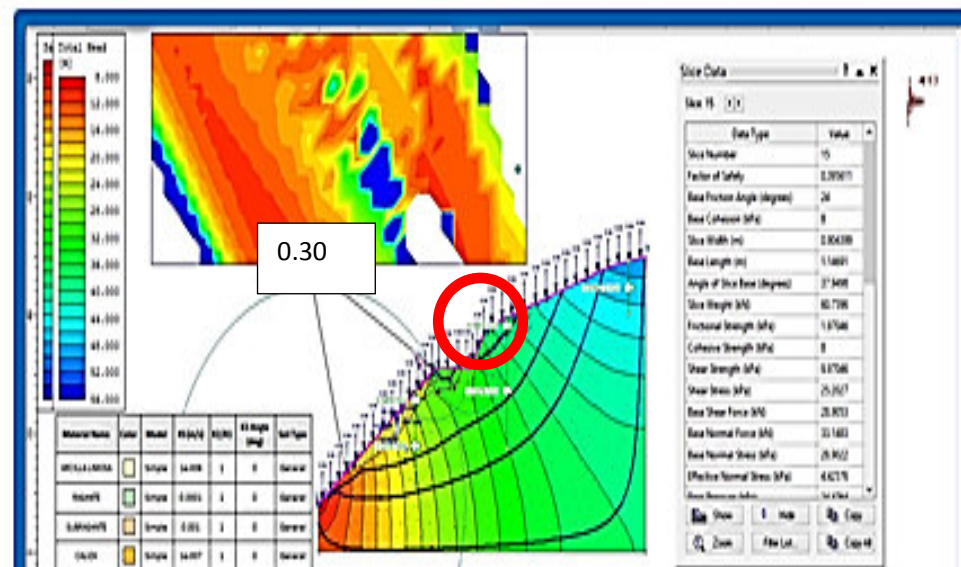
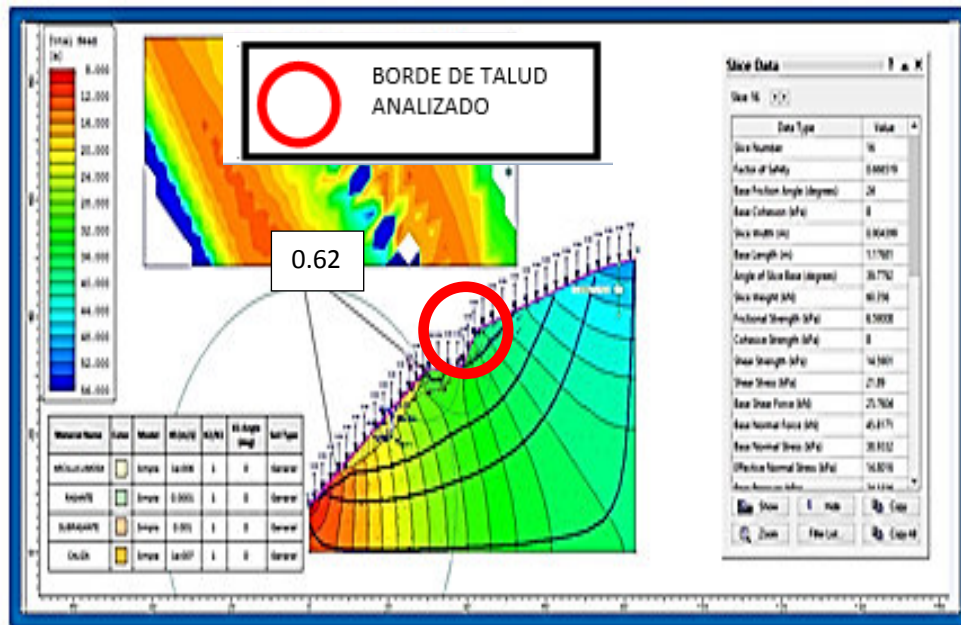
Progresiva: 40+640



En el análisis estático se obtiene un factor de seguridad de 0.9 lo cual significa que la pendiente es inestable y que hay que bajar el ángulo de inclinación de la pendiente, en el análisis pseudo estático el factor de seguridad es 0.6 lo cual también en movimiento es también inestable y en los Análisis hidrológico, hidrogeológico, hidráulico se observa afectación en la estabilidad de la pendiente, para lo cual hay que hacer trabajos de canalización de las aguas filtradas.



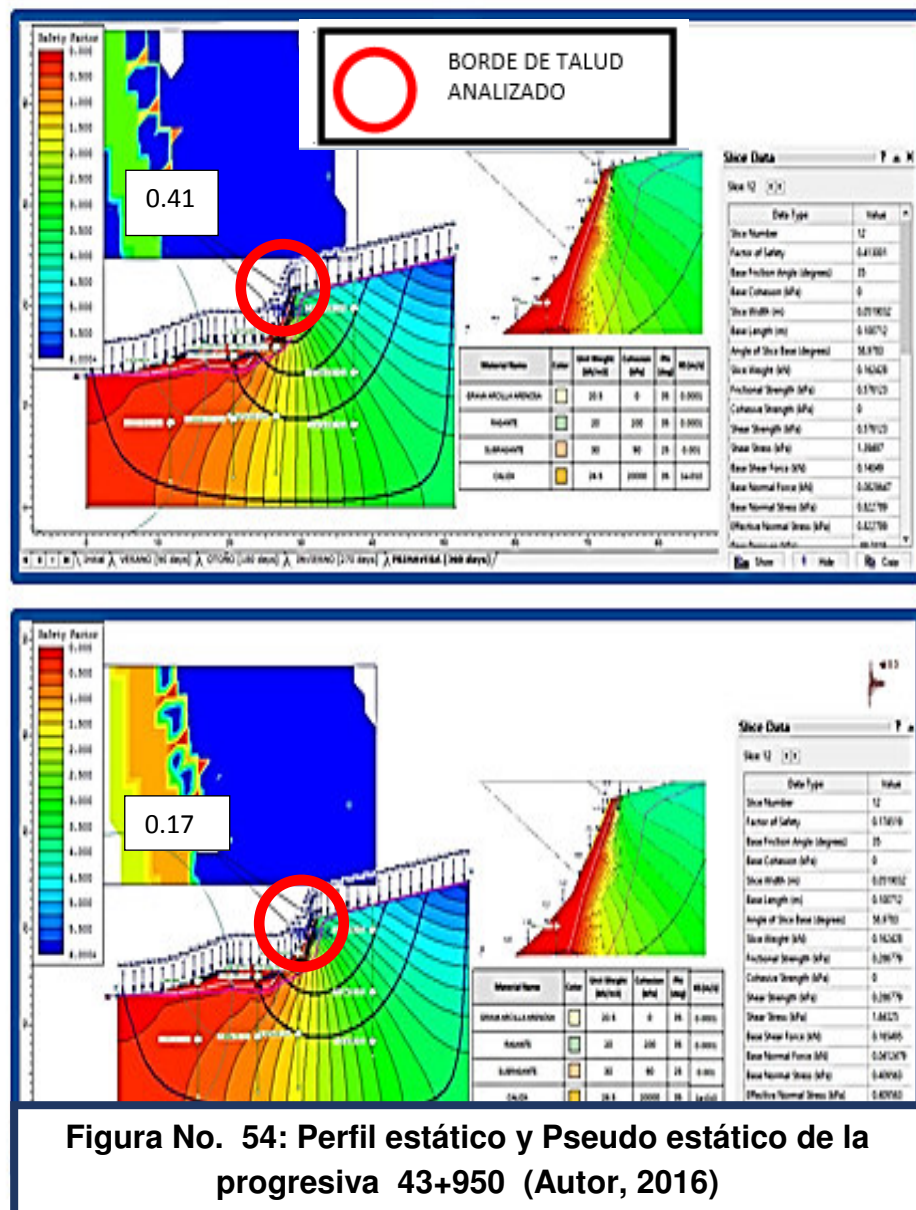
## Progresiva: 40+730



**Figura No. 53: Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 40+730 (Autor, 2016)**

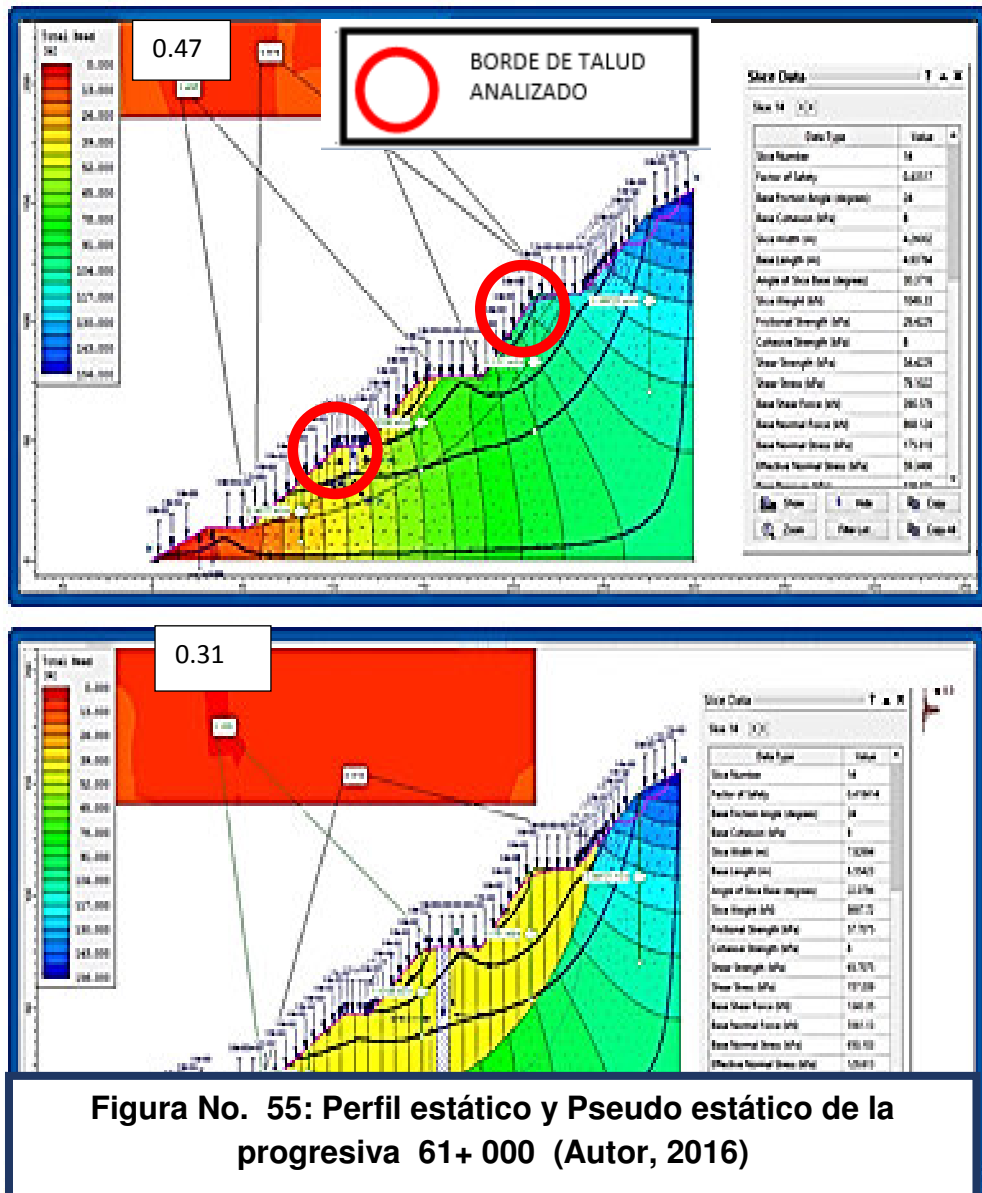
Los análisis estáticos y pseudo-estáticos 0.6 y 0.3 respectivamente manifiestan inestabilidad extrema de la pendiente del talud, si sumamos las condiciones de filtración por análisis hidrológico, hidrogeológico e hidráulico se concluye que el talud es de alto riesgo y que hay que bajar el ángulo a 39 aproximadamente.

Progresiva: 43+950



El análisis estático arroja 0.4 como factor de seguridad lo cual define como un talud de alto riesgo de colapso, así mismo el factor de seguridad 0.1 en el análisis pseudo-estático también se define como inestabilidad total en la pendiente, de esta manera las líneas equipotenciales y las líneas de flujo tan juntas como se observan en los perfiles dan cuenta de un alta circulación de filtración que suman a una alta concepción de inseguridad de estabilidad en este talud. |

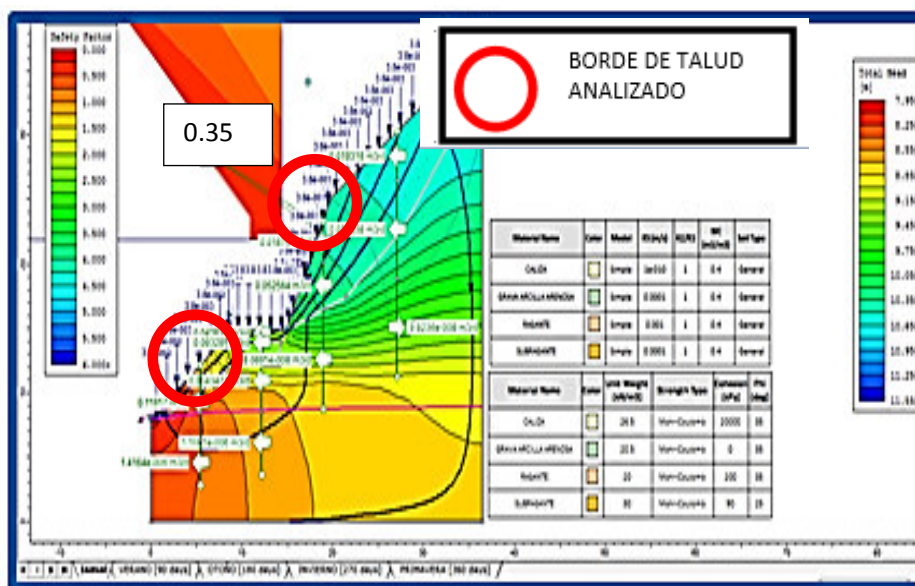
**Progresiva:**  
**61+000**



Esta progresiva es definida como la zona de más alto riesgo del tramo de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple, colapsaron cuatro taludes porque la potencia de acumulación de arcillas limosas era más de 50 m. más la regular o baja cohesión dieron como resultado colapsos consecutivos escalonados combinados con caídas repentinas. 0.4 y 0.2 respectivamente en los análisis estático y pseudo-estático son coeficientes de alto riesgo y si vemos los análisis de filtración confluyen en un vórtice medio del talud total general de tal manera que aumentó el riesgo y colapso todo el material arcilloso limoso.



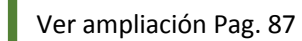
Progresiva: 65+500



**Figura No. 56: Perfil estático y Pseudo estático de la progresiva 65+500 (Autor, 2016)**

El Análisis hidrológico, hidrogeológico, hidráulico y de estabilidad en estado estático da como factor de seguridad 0.3 considerando al talud de muy alto riesgo, luego el análisis hidrológico, hidrogeológico, hidráulico y de estabilidad en estado pseudoestático arroja 0.1 de tal manera que pone a este talud en alerta roja, es decir de muy alto riesgo y se debe realizar de manera contundente y factual estudios de hidrotecnia para canalizar bien las aguas, estructuras de contención como muros o gaviones, bajar el (Autor, 2016) extrema no más de 38° para que no existan colapsos fatales.

Ver ampliación en la página 86



**FIGURA NO. 57: CÁLCULOS DE RMR Y Q. (ESQUEMA VER CD) (EL AUTOR, 2016)**

<h1>REGISTRO LINEAL</h1> <p>GEOLÓGICO-GEOTECNICO-GEOMECÁNICO</p>				PROYECTO : CARRETERA COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLE				<h1>RMR</h1>			
				UBICACIÓN : CAJAMARCA							
				TIPO DE ROCA : ANDESITA							
REGISTRO Nro.: 1		No de Discont.	Linea	ORIENTACION DE LA EXPOSICION: NE				HOJA Nro. 1 De:			
			Azimt.	DIMENSION DE LA EXPOSICION : 100 m.				EJECUTADO POR: Ing. Bréña			
								FECHA:			

DISC. Nro.	DISTANCIA A LA INTERSECCION DE LA DISCONTINUIDAD (m)	TIPOS DE DISCONTINUIDAD E = ESTRATIFIC. F = FALLA D = DIACLASA mf = MICROFALLA SE = SOBRESCU. C = CONTACTO	ORIENTACION  RUMBO / DIRECCION DE BUZAMIENTO		BUZAM.	TERMINACION	PERSIST (m)	APERTURA (mm)	RELLENO		RUGOSIDAD	ONDULAC	ESPACIADO (mm)	AGUA	Nro. JUNT. SIMILARES (por metro)	OBSERVACIONES
									TIPO	DUREZA						
						1 = Otra Discon. 2 = Roca Intacta 3 = Continua	1 = < 1 2 = 1 - 3 3 = 3 - 10 4 = 10 - 20 5 = > 20	1 = Cerrada 2 = Muy Angulosa < 1 3 = Angulosa 0.1-1.0 4 = Abierta 1.0-5.0 5 = Muy Abierta > 5.0	1 = Limpia 2 = Cuarzo 3 = Calcita 4 = Oxidos 5 = Roca tritur. 6 = Panizo 7 = Veta	1 = Ninguna 2 = Duro < 5 mm 3 = Duro > 5 mm 4 = Suave < 5 mm 5 = Suave > 5 mm	1 = Muy Rugosa 2 = Rugosa 3 = Med. Rugosa 4 = Liger. Rugosa 5 = Liso o	1 = Plana 2 = Poco ond. 3 = Ondulada	1 = < 20 2 = 20-60 3 = 60-200 4 = 200-600 5 = 600-2000 6 = 2000-6000 7 = > 6000	1 = Seco 2 = Humedo 3 = Mojado 4 = Goteo 5 = Flujo 6 = Presión	1 = 0-5 2 = 6-10 3 = 11-15 4 = 16-20	

Cuadro No. 15: Aplicación del formato de RMR.

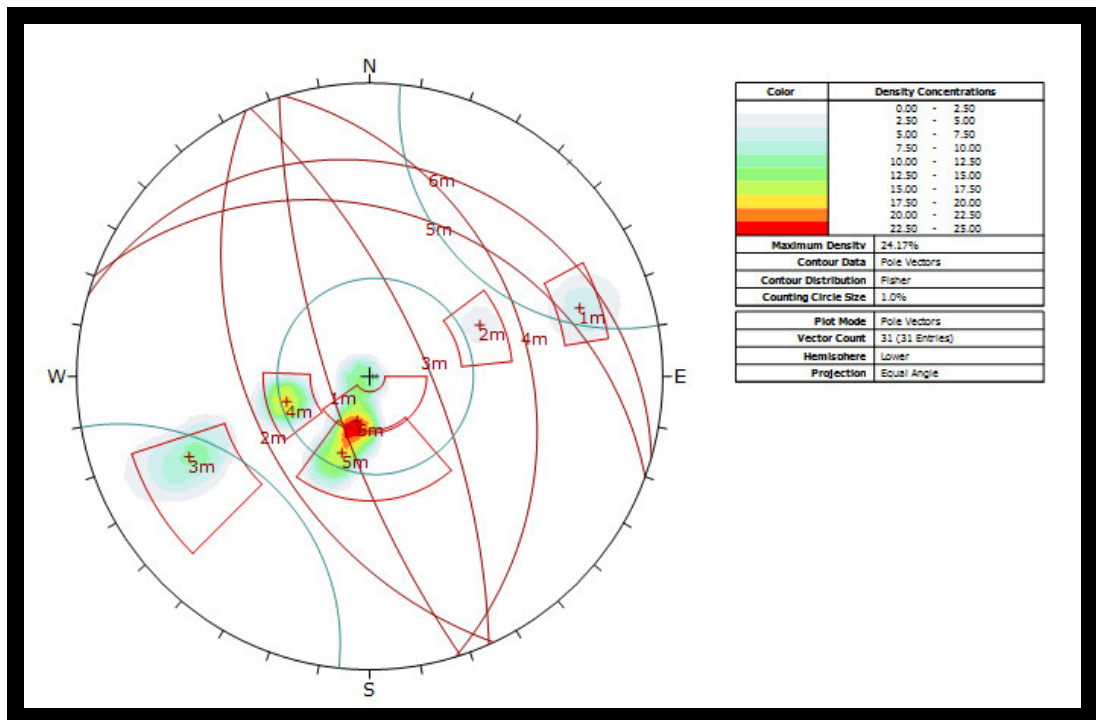


DISC. IND.	COORDENADA	NOMBRE	DIP DI	RESISTENCIA	GRADO DE F	SR - CENILLA (1-14, 15-16, 17-18)	J-2	ALFA	BETA	J-3	ESPACIAMIENTO (mm)	DIRECCION	PERSISTENCIA (m)	ABERTURA (mm)	TIPO DE RELLENO	RUGOSIDAD	ALTERACION / METEORIZACION	J-5	AGUA	J-6	coeficiente de correlacion	RMR
1	E 735.715 / N 9°28'7.956										20		6	6	6	3	5	10				74
2				15			20															
3		ANDESITA	210	74																		

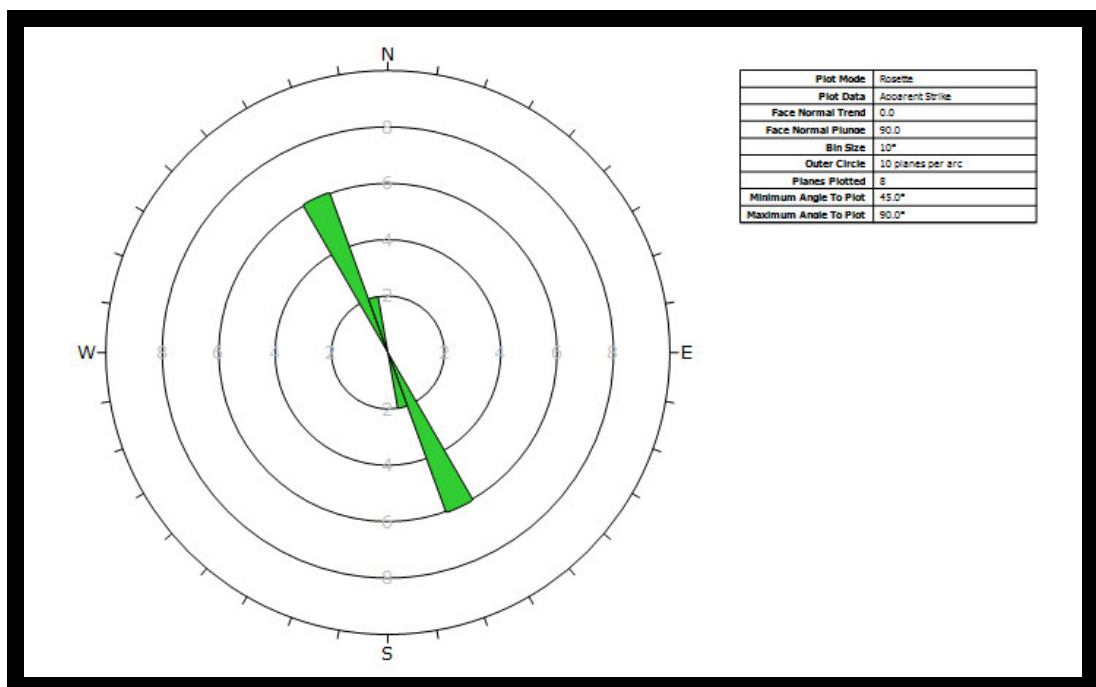
Cuadro No. 16: Ampliación de los valores de RMR.

Q									
RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q'	Q		
20	12	3	3	1	3	3	3		

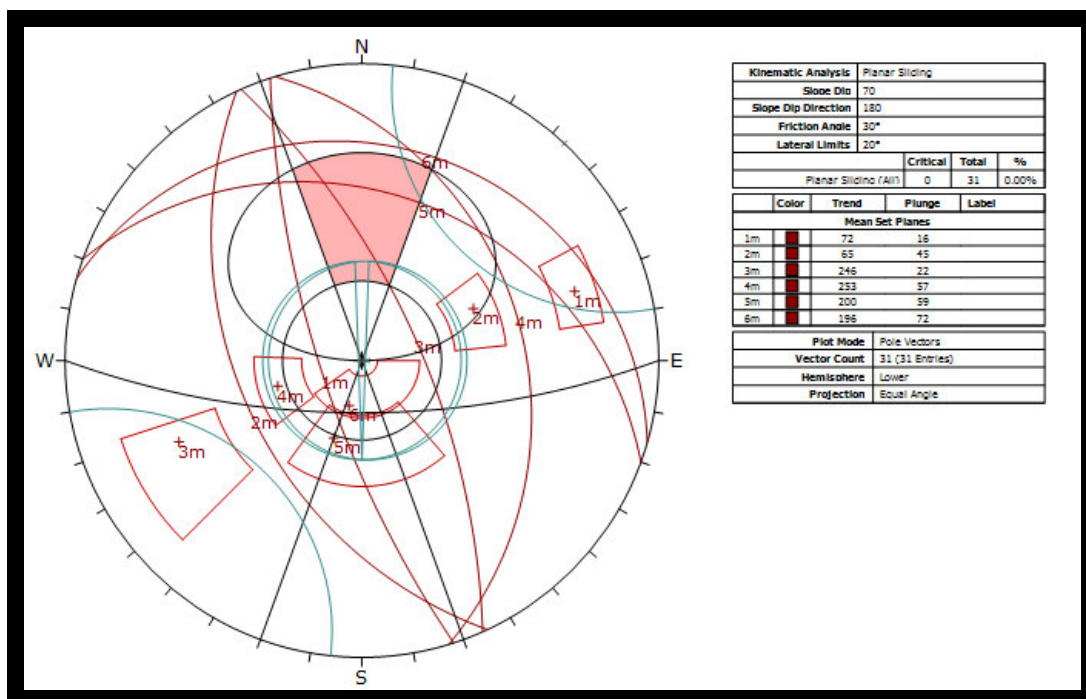
Cuadro No. 17. Ampliación de los valores de Q.



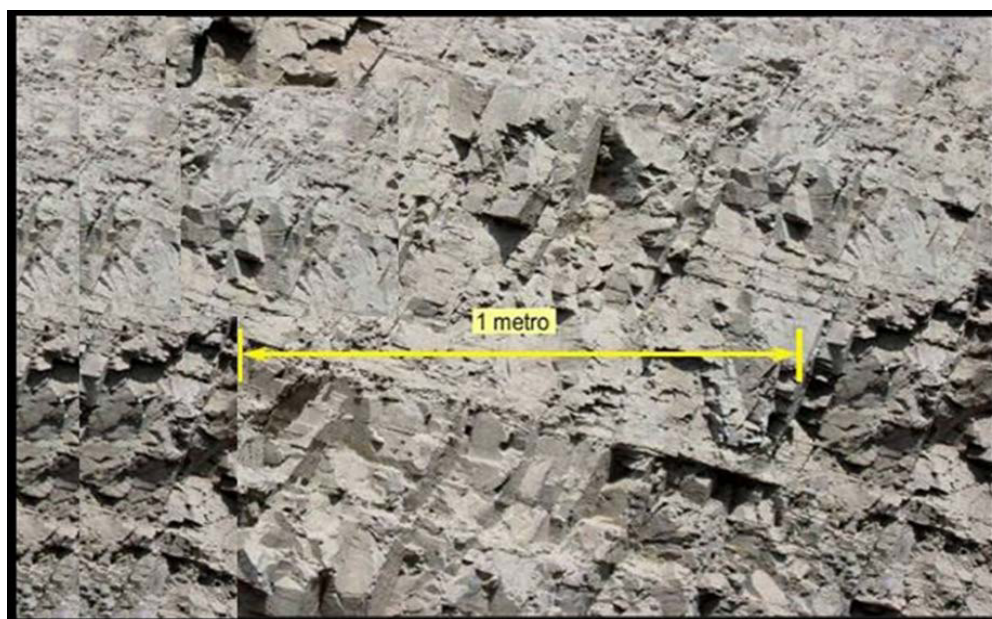
**FIGURA No. 58: DATOS DE DIPS Y DIPS DIRECTION DE LA CARRETERA DETERMINANDO LA ORIENTACIÓN DE ZONAS DE DEBILIDAD.**



**Figura No. 59: Programa Dips, para obtener zonas de riesgo y debilidad. (Por el Autor)**

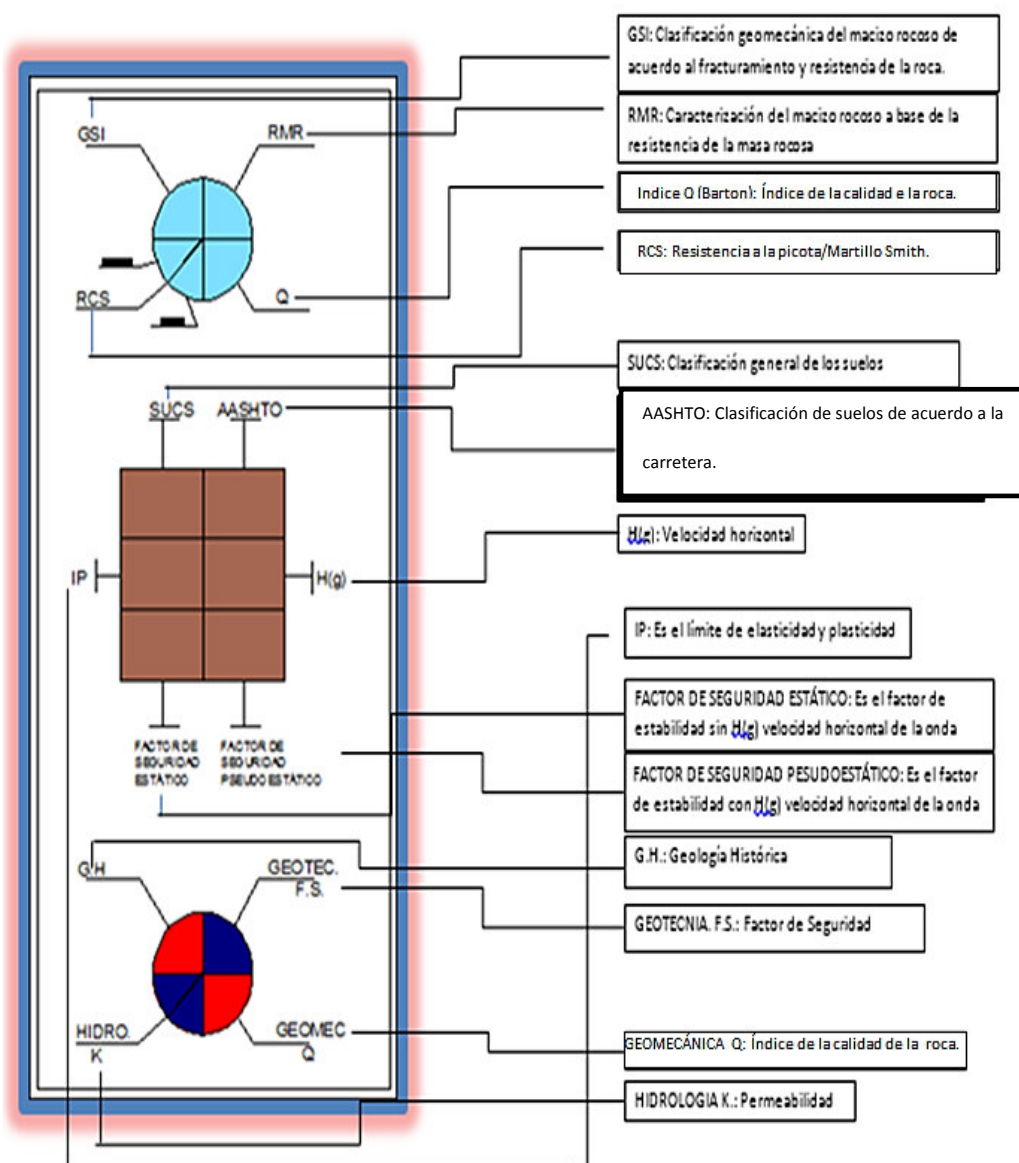


**FIGURA No. 60: ORIENTACIONES DE LOS PLANOS DONDE SE INDICA LA ZONA DE RIESGO A DESLIZARSE (POR EL AUTOR)**



**FIGURA No. 61: MACIZO ROCOSO DONDE SE OBTUVIERON LOS DATOS DE GEOMECÁNICA (POR EL AUTOR).**

## Simbología de los planos



**FIGURA No. 62: SIMBOLOGÍA DE LOS PLANOS.(EL AUTOR)**

## 7.2. Geomecánica de rocas

Se ha utilizado esta ciencia para determinar GSI, RMR y Q de las rocas infrayacentes y adyacentes a los suelos de las zonas que conforman los taludes que se ubican a un costado de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple.(Terzaghi K.,1950).

CALIFICACION MACIZO ROCOSO		CLASIFICACION DE LA ROCA			
ÍNDICE RMR	ÍNDICE Q	EXPEDIENTE TÉCNICO (ET)	TIPO DE ROCA	TIPO	DESCRIPCION DEL SOSTENIMIENTO
81 - 100	> 100	I	MUY BUENA A BUENA	I a	Ningún sostenimiento
61 - 80	10 - 100			I b	Pernos ocasionales y/o shotcrete puntual (e = 5 cm)
41 - 60	4 - 10	II	REGULAR	II a	Pernos ocasionales + malla + shotcrete simple (e = 5 cm)
				II b	Pernos ocasionales + shotcrete con fibra (e = 5 cm)
21 - 40	1 - 4	III	MALA	III	Pernos sistemáticos (2,3) @ 3 m + malla + shotcrete simple (e = 15 cm)
< 20	0.001 - 1	IV	MUY MALA	IV a	Cimbra @ 0.8 - 1.4 m + Pernos sistemáticos (4,5) @ 0.8 - 1.4 m + malla + shotcrete simple (e = 20 cm) + grouting (opcional)
				IV b	Cimbra @ < 0.8 m + shotcrete simple (e = 20 cm) + grouting (opcional)

**Cuadro No.18: Clasificación del macizo rocoso.(El Autor, 2016)**

## 7.3. Geomecánica de suelos

Esta ciencia se basa en la caracterización de los tipos de suelo que se han determinado en los taludes adyacentes de la carretera motivo de esta tesis, son en mayor porcentaje arcillas limosas con mala o regular cohesión que pertenecen al tramo Cochabamba-Cutervo-Progresiva 61 en un clima serrano seco y arcillas estables tabulares y arcillas compactas de regular cohesión que pertenecen a un clima tropical lluvioso que se ubican en el tramo Progresiva 1 - Chiple. Ver Figura No. 71. También se debe ver cuadros 13 y 14. (Einstein H.H., 1988).



**CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS: S.U.C.S**

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO		DESCRIPCION	
		SUCS	GRAFICO		
<b>SUELOS GRANULARES</b>	<b>ARENA Y SUELOS ARENOSOS</b>	<b>GRAVAS Y SUELOS GRAVOSOS</b>	<b>GW</b>		GRAVA ARENOSA BIEN GRADUADA
			<b>GP</b>		GRAVA ARENOSA POBREMENTE GRADUADA
			<b>GM</b>		GRAVA LIMOSA, MEZCLA DE GRAVA Y LIMO
			<b>GC</b>		GRAVA ARCILLOSA, MEZCLA DE GRAVA Y LIMO
	<b>GRAVAS Y SUELOS GRAVOSOS</b>	<b>ARENA Y SUELOS ARENOSOS</b>	<b>SW</b>		GRAVA ARCILLOSA, MEZCLA DE GRAVA Y ARCILLA
			<b>SP</b>		ARENA POBREMENTE GRADUADA
			<b>SM</b>		ARENA LIMOSA, MEZCLA DE ARENA Y LIMO
			<b>SC</b>		ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA
<b>SUELOS FINOS</b>	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b>	<b>( LL &lt; 50 )</b>	<b>ML</b>		LIMO INORGANICO (DE BAJA PLASTICIDAD) POLVO DE ROCA, LIMO GRAVOSO, LIMO ARENOSO
			<b>CL</b>		ARCILLA INORGANICA (DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD) ARCILLA GRAVOSA, ARCILLA ARENOSA, ARCILLA LIMOSA
			<b>OL</b>		LIMO ORGANICO Y ARCILLA LIMOSA ORGANICA ( BAJA PLASTICIDAD )
	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b>	<b>( LL &gt; 50 )</b>	<b>MH</b>		LIMO ORGANICO (DE ALTA PLASTICIDAD) MICACEO Y DIATOMEOS
			<b>CH</b>		ARCILLA INORGANICA (DE ALTA PLASTICIDAD)
			<b>OH</b>		ARCILLA ORGANICA (DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD)
	<b>SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS</b>		<b>PT</b>		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS

CUADRO NO 19: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS.

#### 7.4. Determinación de la Aceleración que está en el Anexo y el plano de Isoaceleraciones del Cismid. (0.30g)



Figura No. 63: Mapa de iso-aceleraciones (Por el Autor)



Figura No. 64: Elementos de un terremoto (por el Autor)

Según el Protocolo de riesgo que consta en los anexos en análisis Pseudo –Estático se determinar el valor de 0.30 como valor g. Valores que se obtienen también de los mapas de CISMID.

#### **8. Investigación Geológica-Geotecnia-Geomecánica de Rocas – Suelos y Medio Ambiente.**

En base a celdas estructurales de análisis de los suelos-rocas de las áreas de los taludes adyacentes a la carretera Cochabamba-Cutervo-Chifle. Se tuvo presente las consideraciones de los protocolos de las especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras con relación a los puntos críticos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones Aprobado Por Resolución Directoral No. 051-2007-Mtc/14 Del 27 De agosto del año 2007. Para los análisis pseudoestáticos se han considerado los protocolos de análisis geofísico del IGN ubicados en los anexos.

**Las investigaciones geotecnicas están objetivizadas en las condiciones medio ambientales que rigen el relieve terrestre de acuerdo a los siguientes factores:**

- Vientos Solares**
- Fuerzas de Gravedad, Fuerzas electromagnéticas, Fuerzas Fuertes Nucleo del Atomo, Neutrones y Fuerzas Débiles (Nucleones)**
- Movimiento del Eje Terrestre**
- Movimiento de la tierra (Peri Helio y Af-Helio)**
- Movimiento de la Luna (Peri Geo y Afigeo)**
- Erupciones Volcánicas**
- Movimiento de las placas tectónicas y los sismos.**
- Clima**
- Meteoritos**

8.1. Matriz de zonas de impacto negativo y de las zonas de alto riesgo.

MATRICES DE ZONAS DE IMPACTO NEGATIVO Y ZONAS DE ALTO RIESGO

VALORES DE LOS PUNTOS CRÍTICOS

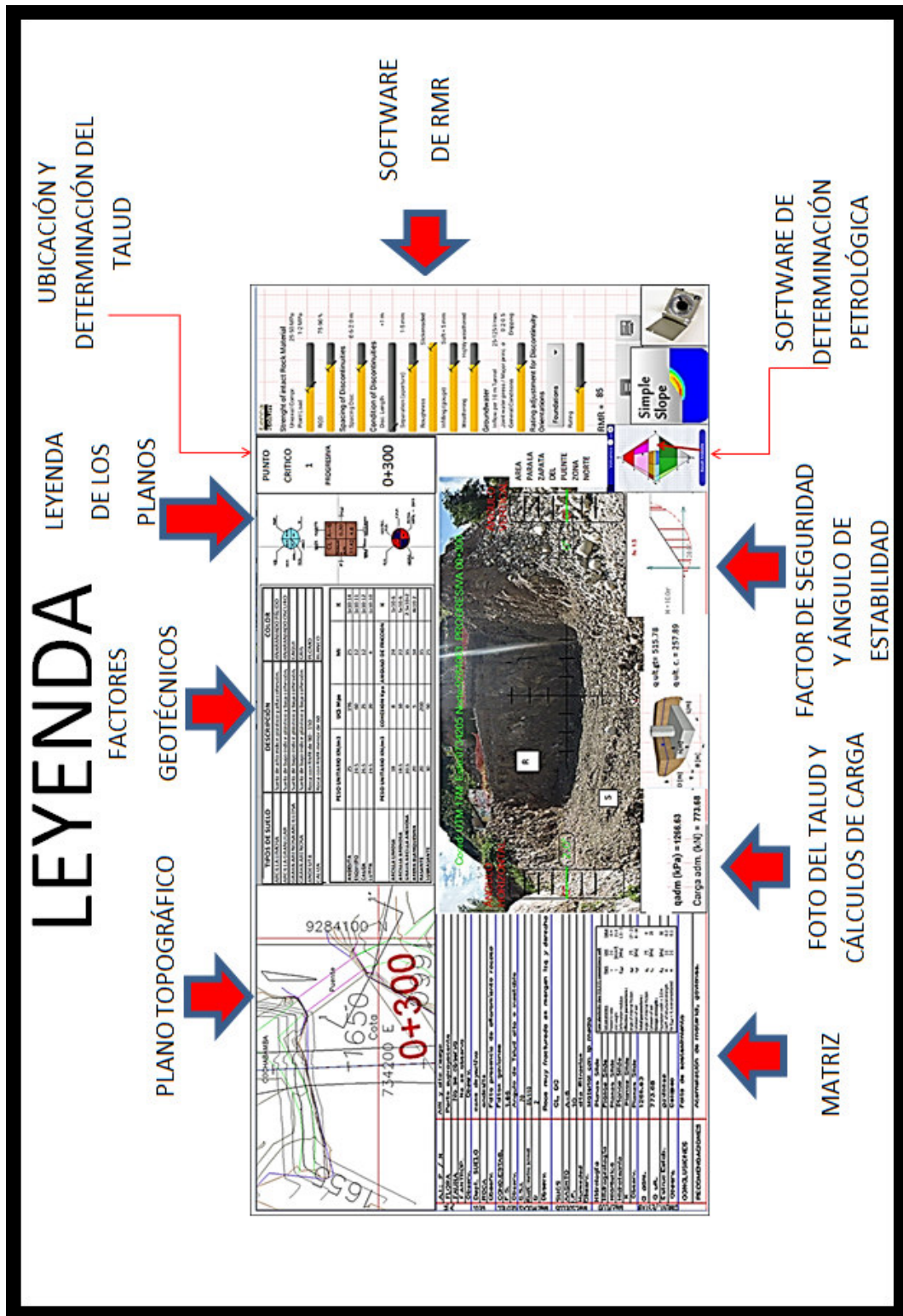
N°	PROGRESIVA	COORD. ESTE	COORD. NORTE	FS.EST	q. ult.	q. adm. Est.	q. adm. Pseu.	q. ult. Civil	M	Longitud L m.	Longitud B m.	Profundidad m.	clima
1	0+300	734205	9284063	2.92	Roca	0.00	0.00	0.00	Roca	10	10	1.50	Seco Serrano
2	23+040	736563	9291755	1.44	8.32	5.78	8.49	2.77	CL	15	10	1.50	
3	33+730	742266	9295894	1.90	8.62	4.54	8.62	2.87	CL	5	10	1.50	
4	35+380	741981	9297183	0.62	65.1	104.95	216.90	21.69	CH	12	10	1.50	
5	35+550	741970	9297337	0.90	8.81	9.79	15.73	2.94	CL	15	10	1.50	
6	40+640	740848	9299557	0.92	10.8	11.72	17.97	3.59	CL	25	13	1.50	
7	40+730	740801	9299572	0.62	65.1	104.95	216.90	21.69	CH	12	10	1.50	
8	43+950	739380	9299836	0.41	8.84	21.56	52.00	2.95	CL	13	10	1.50	
9	61+000	738174	9308874	0.47	8.32	17.70	26.84	2.77	CL	150	50	1.50	tropical lluvioso
10	65+500	736965	9309352	0.35	61.1	174.63	509.33	20.37	MH	15	10	1.50	

Kg/cm2

Cuadro No. 20: Cuadro resumen de los puntos críticos de la carretera con valores geotécnicos.



## 8.2. LEYENDA DE LAS MATRICES.



**FIGURA No. 65: LEYENDA, FORMATOS Y ESQUEMAS CONFIGURATIVOS DE LAS MATRICES DE INVESTIGACIÓN**

8.3. Geología Histórica de la zona tramo de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple  
(Major G., Ross-Brown D. & Kim H.J., 1978)



FIGURA No. 66: COLUMNA DE LA GEOLOGÍA HISTÓRICA

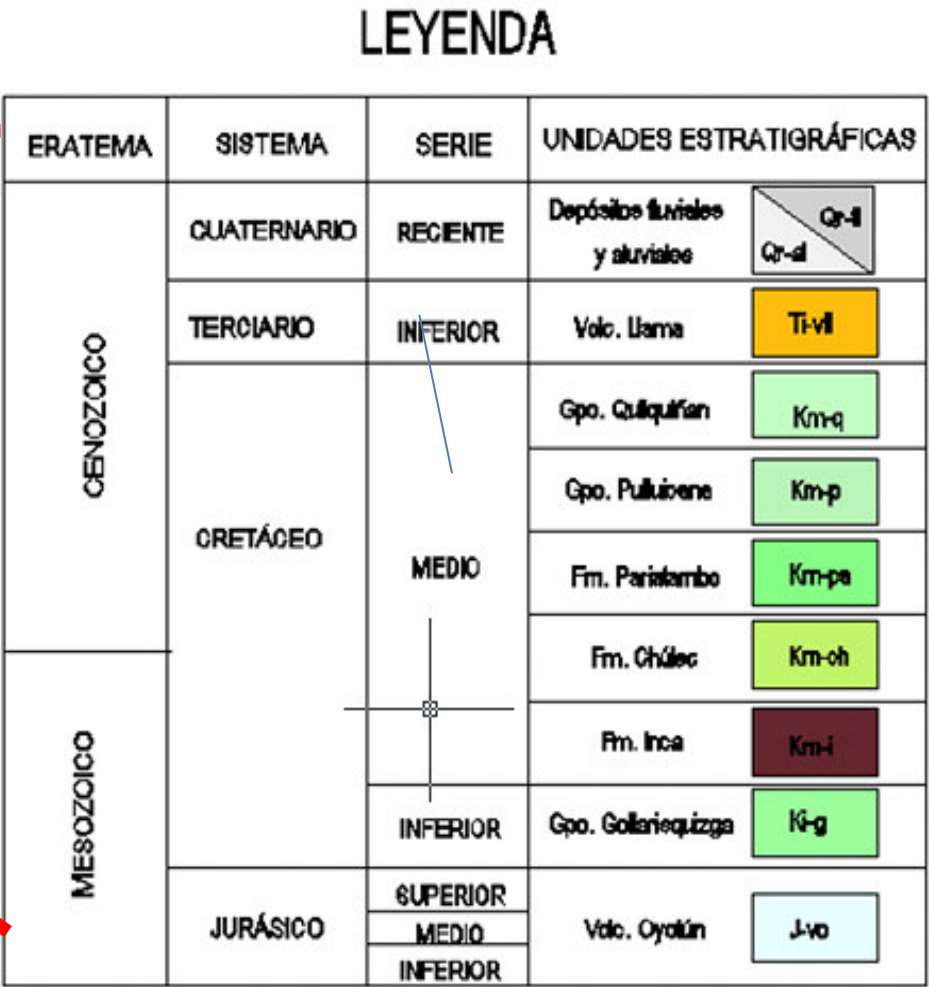


Figura No. 67: Columna de Geología Histórica Ampliada

8.4. LEYENDA DE LAS MATRICES, MEDIO AMBIENTE-GEOLOGÍA-GEOTECNIA-GEOMECAÁNICA Y CARGA PORTANTE

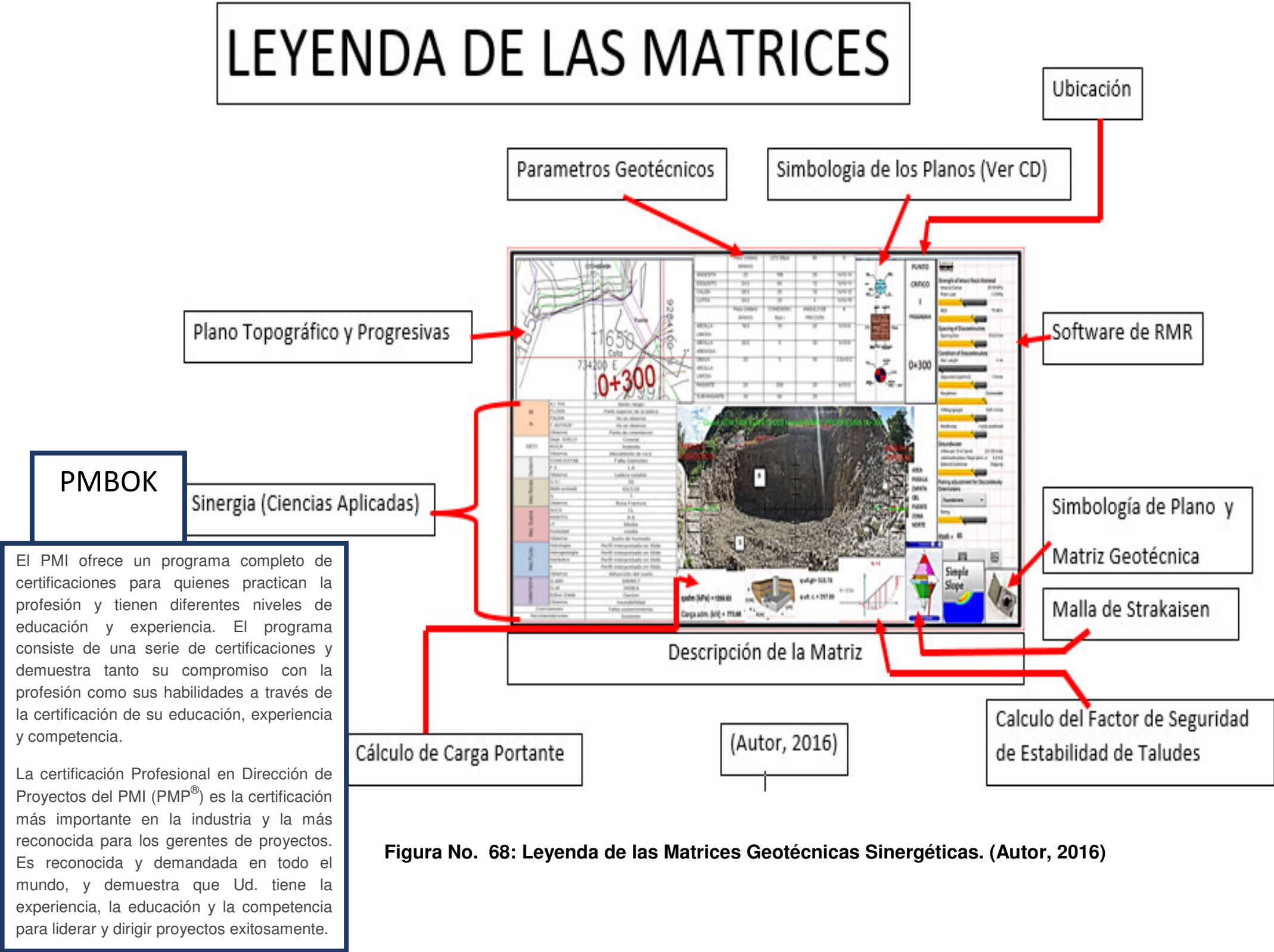


Figura No. 68: Leyenda de las Matrices Geotécnicas Sinérgicas. (Autor, 2016)



## 8.5. LEYENDA DE LAS MATRICES DE CARGA PORTANTE, CARGA ADMISIBLE Y CARGA UNICA

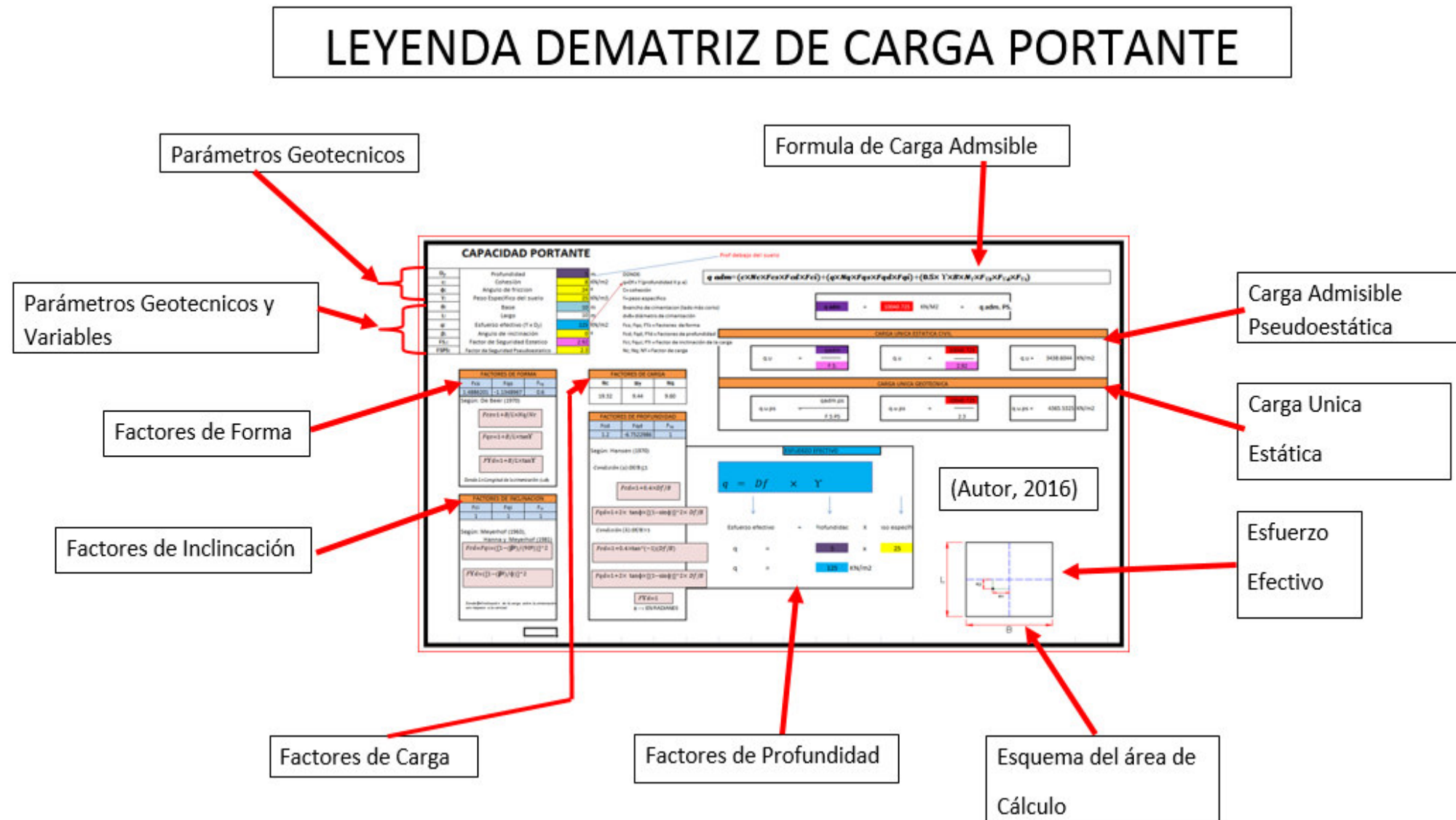


Figura No.69: Describe el proceso algorítmico para los cálculos de carga portante (por el autor)



8.6. Matriz Punto Crítico 1- Progresiva No. 0+300. Roca en Clima Seco Serrano (Piteau D.R. & Clayton R., 1977). (Romana M., 1985)

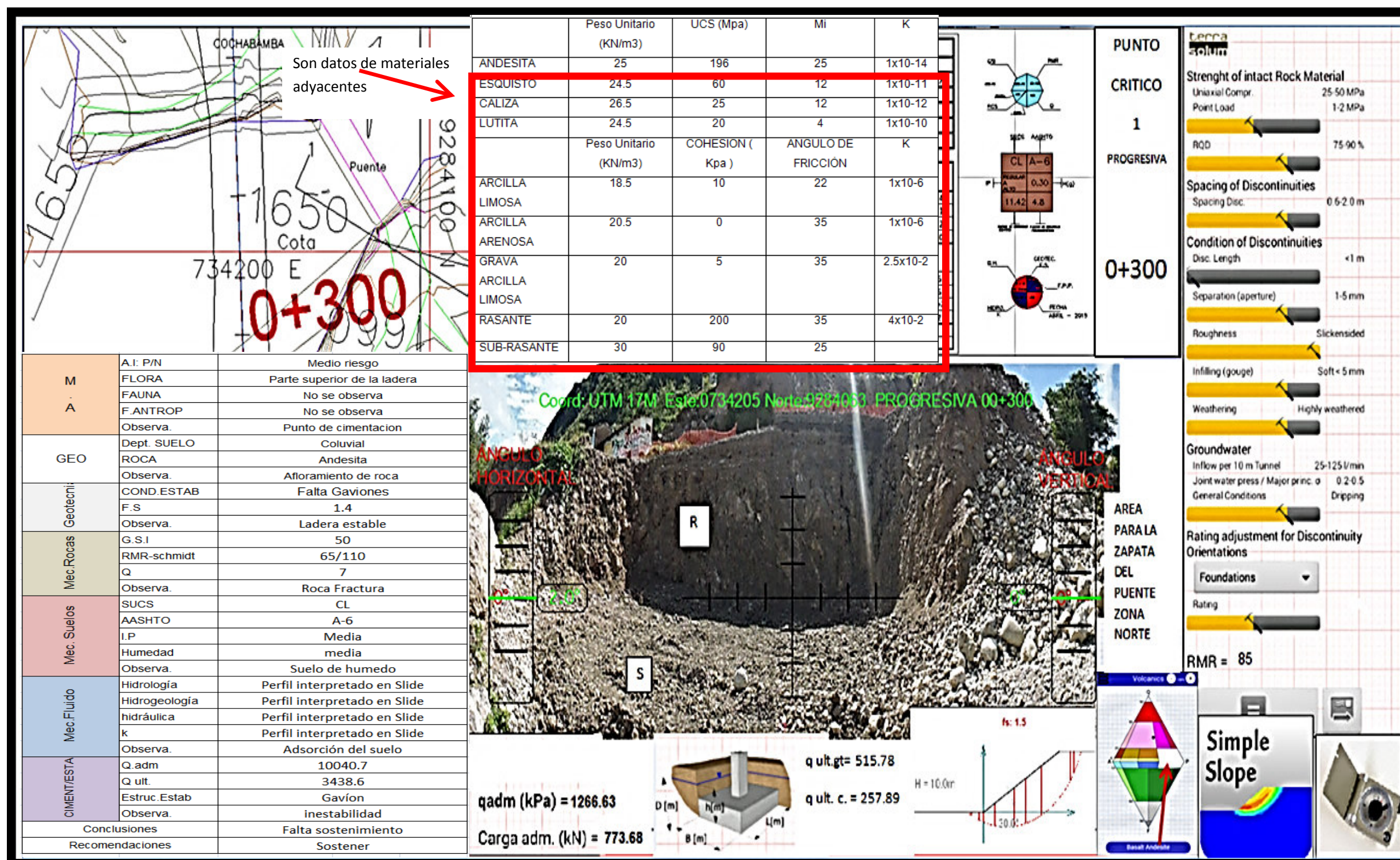


Figura No. 70: Matriz que refleja la estructura nueva para así establecer los cimientos del nuevo puente de la progresiva 0+300 (Por el Autor)



8.7. Capacidad portante del punto crítico 1- progresiva No. 0+300. Ver Figura No. 66.

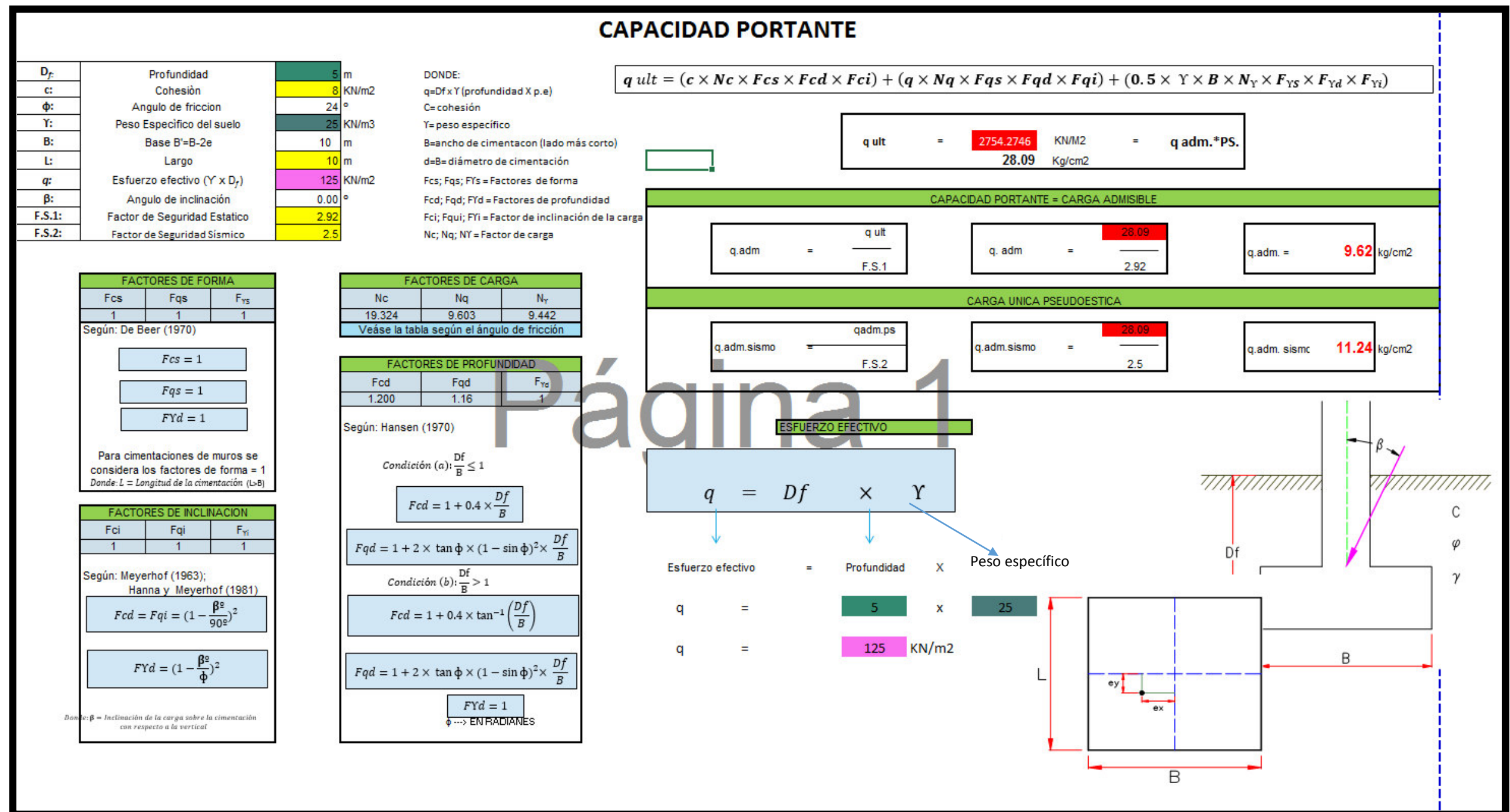
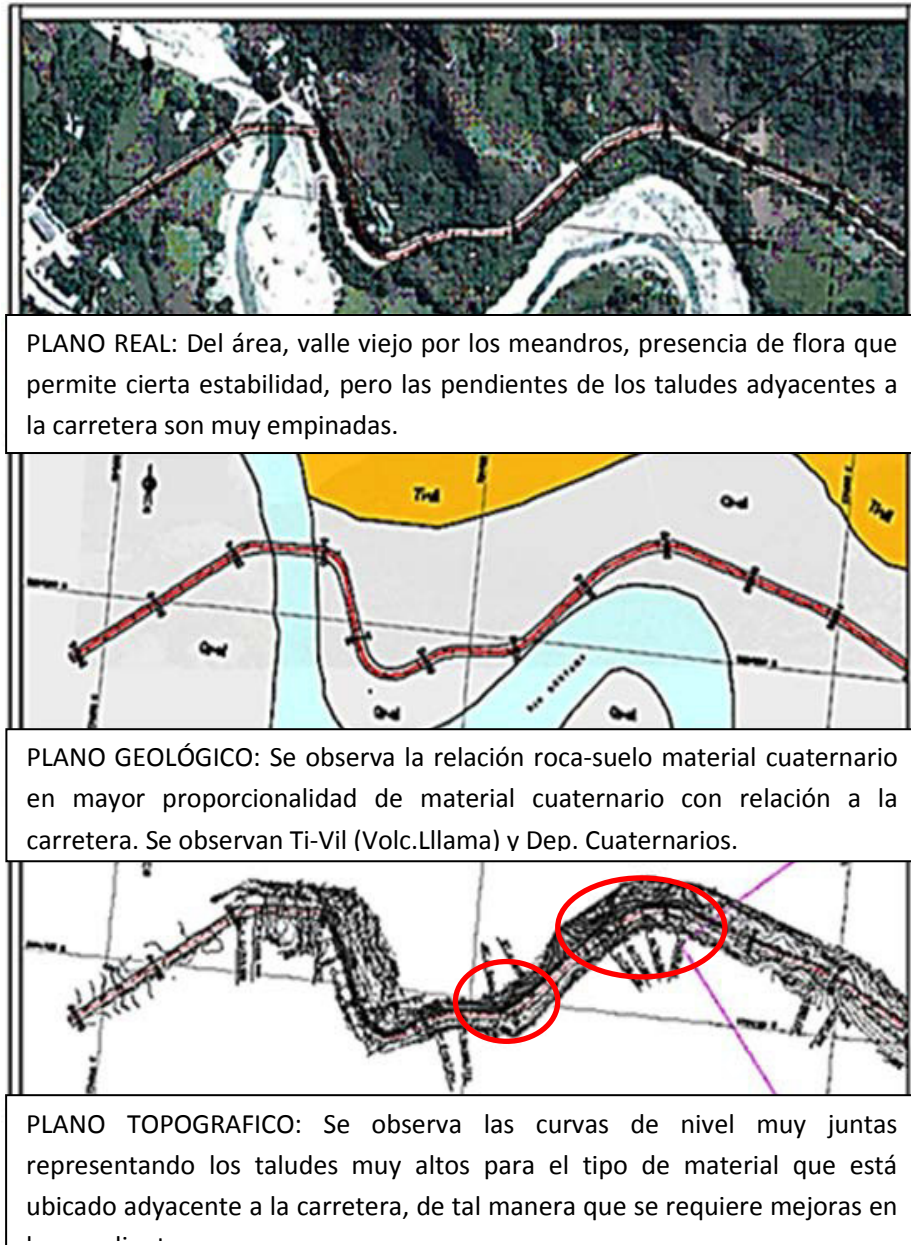


FIGURA NO. 71: CAPACIDAD PORTANTE – PUNTO CRÍTICO DE LA PROGRESIVA 0+300 (POR EL AUTOR)

### 8.8. Planos de geología histórico-topográfica

(Descripciones y observaciones) – progresiva No. 0+300.

#### PUNTO CRÍTICO No. 1: Progresiva 0+300



**FIGURA No. 72: GEOLOGÍA HISTÓRICA-TOPOGRÁFICO (DESCRIPCIONES Y OBSERVACIONES) – PROGRESIVA No. 0+300.**  
(POR EL AUTOR)

### **8.9. Análisis del ítem 8.8 y Figura No. 80 matrices medio ambiente-geología-geotecnia-geomecánica y carga portante.**

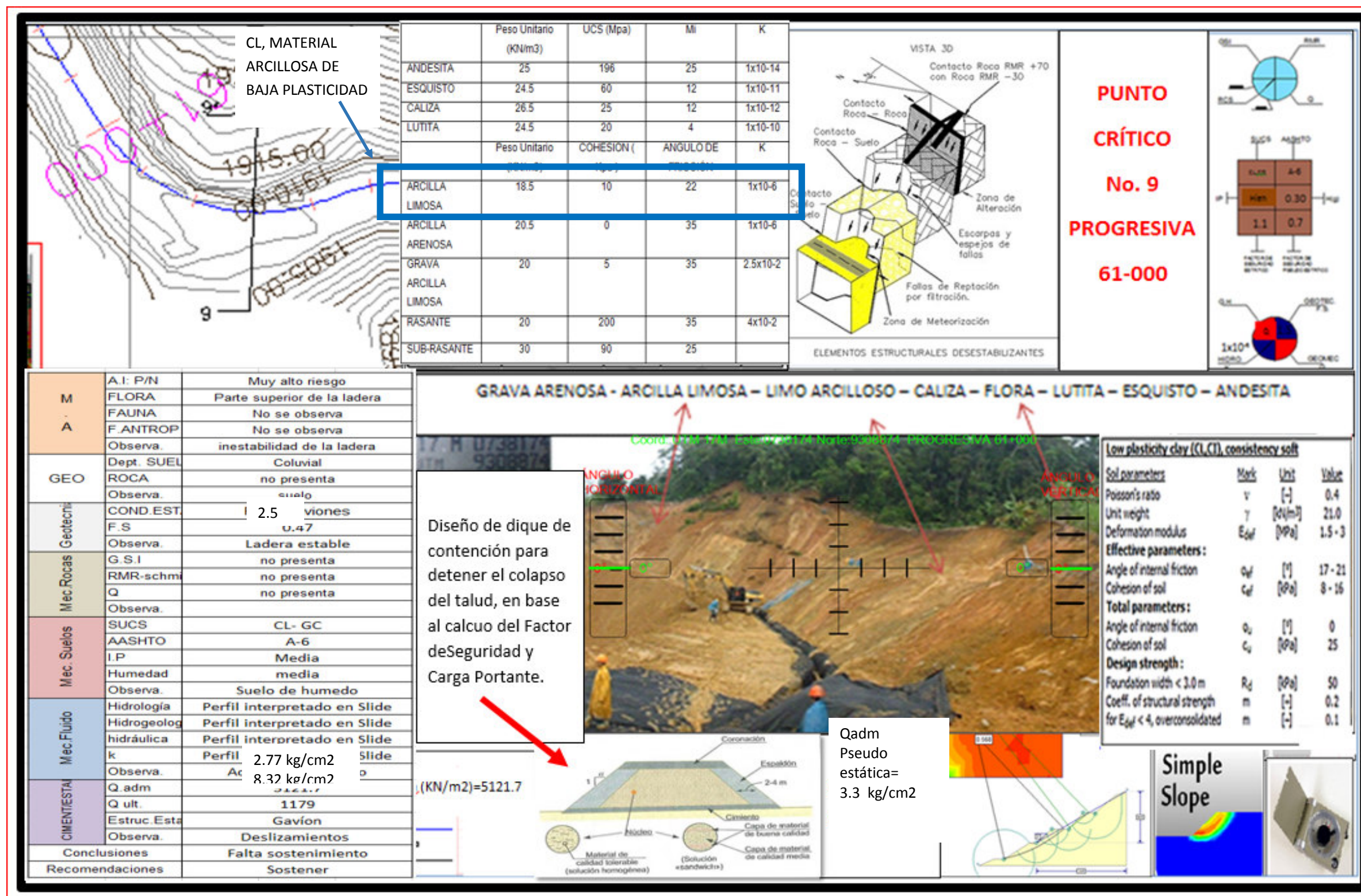
**¿Por qué estudiamos el problema, las preguntas y los resultados? ¿Qué problema y preguntas se está tratando de resolver? ¿Cómo se hizo para resolver o avanzar en el problema? ¿Cuáles son las respuestas a las preguntas de investigación?**

El problema radica que los taludes son muy empinados por el material cuaternario que tiene baja cohesión, en el se observa que la carretera fue orientada por áreas de titulares particulares que hacen actividad agrícola y modifican los taludes, los valores altos baja sus intereses económicos, el plano de geología histórica demuestra que el trazado de la carretera esta sobre material cuaternario, las curvas de nivel muestra que las cotas están juntas verifican que los taludes son empinados y pueden colapsar nuevamente. He definido los factores de seguridad y la geometría del terreno, que tomados en cuenta evitan nuevos colapsos. Los factores de seguridad demostraron las hipótesis y cumplieron nuestros objetivos con ello se resolverá el problema de colapsos y caídas de los materiales de los taludes. Una vez que se determinó los factores de seguridad se procedió al movimiento de tierras y la corrección del Ángulo del talud.

En los cuadros siguientes mostrados se describirán los puntos críticos donde se presenta los parámetros geotécnicos el factor de estabilidad y la carga portante civil y geológica. Los parámetros geotécnicos se tomaron de los ensayos hechos en mecánica de rocas y suelos ellos se anexan. Los planos muestra ´primeramente lo real en donde se encuentra la carretera con la vegetación, la influencia de la población, la agricultura y se proponed dar la posibilidad de cambiar la trayectoria de la carretera. El plano geológico indica el tipo de material donde se encuentra la carretera y el tipo de roca y las clases de materiales cuaternario de la carretera. Los planos topográficos nos indican la pendiente donde se encontrar la carretera y su pendiente de su talud.



**8.10. Matriz punto crítico 10- Progresiva No. 61-000. En Suelo Arcilloso clima Tropical lluvioso (Van Jasen W. & Cruden D.M. ,1989)**



**Figura No. 73. : Matriz de análisis del punto crítico progresiva 61+000.**



### 8.11. Cálculos de Carga a Única y Carga Admisible de la Progresiva 61+000.

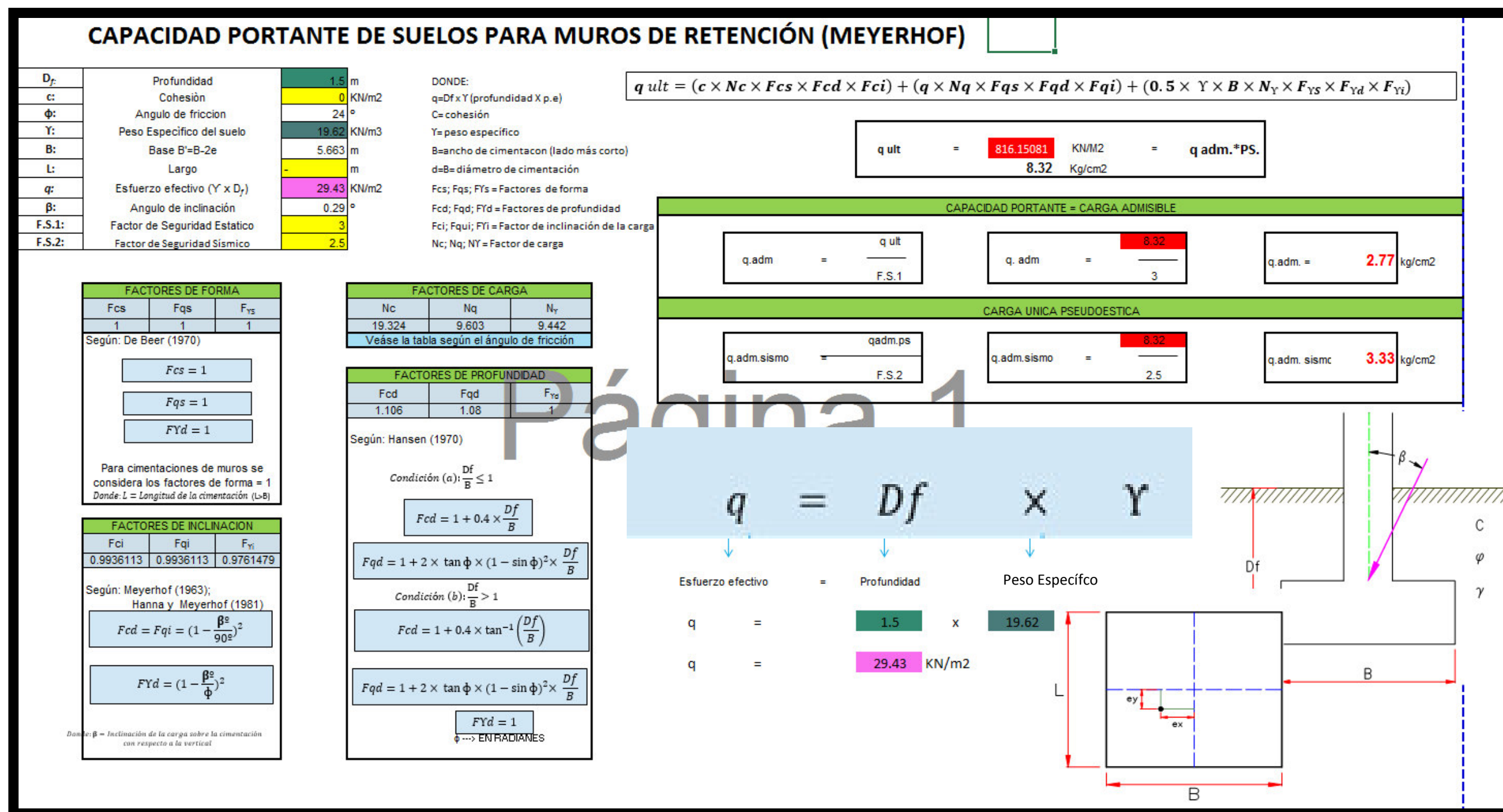


Figura No. 74: Matriz punto crítico 10- Progresiva No. 3+040. Muestra el colapso del talud por la cohesión moderada o baja debido a la infiltración de las agua, la humedad y cambios de temperaturas extremas (El Autor, 2016)

## 8.12. Cálculos de empujes y esfuerzos en base a la teoría de MONONOBE – OKABE.

### DISEÑO SISMICO BASE A EMPUJES Y ESFUERZOS PARA MUROS DE CONTENCIÓN

#### PRE DIMENSIONAMIENTO

**Nota:** Los datos en celdas verdes deben ser ingresados  
Información sobre el programa ir a Manual de uso

Hp = Altura de Pantalla	6.00	m
FSD = Factor de Seguridad a Deslizamiento (Fijo)	1.50	
FSV = Factor de Seguridad a Volteo (Fijo)	1.75	
γs = Peso específico suelo	2.00	T/m3
α = Angulo de Fricción Interna del Suelo	24.00	Grados
β = Angulo de inclinación con la horizontal	-	Grados
α = Angulo de Inclinación Pared	-	Grados
qadm = qu/3 = Presion admisible de terreno	2.77	Kg/cm2
f'c = Resistencia a la Compresión del Concreto (Por tabla de venta)	210	kg/cm2
fy = Resistencia a la fluencia del acero (Fijo)	4200	kg/cm2
recubrimiento de pantalla = (Fijo)	4.00	cm
recubrimiento de cimentación = (Fijo)	7.50	cm
Peso específico del concreto (wc) =	2.40	T/m3
Peso específico Ponderado = (γ'/m) =	2.00	T/m3

**Para concreto vaciado in site:**  
Coeficiente Fricción:  $f = \tan \phi = 0.445$   
debe ser  $\leq 0.6$ , por lo tanto asumimos  $f = 0.445$

#### 1. DIMENSIONAMIENTO DE LA PANTALLA

$Ka = \tan^2 (45 - \alpha/2) = 0.422$   
 $Ka \times \gamma' s = 0.843$  Ton/m3

**T1 = Distancia de la Corona** 0.30 metros Mayor a 0.25m

$Mu = 1.7 M = 1.7 (Ka \sigma_s) Hp^3/6 = 51.62$  Ton x m

$Mu = 0.3 \times b \times d^2 \times f'c \times w \times (1 - 0.59w)$   
 $\rho = 0.004$   $w = \rho \times fy/f'c = 0.0800$

Despejando,  $d = 53.86$  cm  
Refuerzo flexion Dvarilla= 5/8 - 0.65 m  
 $T2 = d + \text{recub} + (Dvarilla/2) = 1.59$  m

**USAR T2 = Distancia de la base de la pared "Superior de la Zapata"** 0.70 metros  $d = 65.21$  cm

#### 2. VERIFICACION POR CORTE

$Vdu = 1.7 Vd = 1.7 \times 0.5 \times (Ka \times \sigma_s) \times (hp - d)^2 = 20.50$  Ton  
 $Vu / \phi = 24.12$  Ton  
 $Vc = 0.53 \times (f'c \times 0.5) \times b \times d = 45.97$  Ton

$Vc = 45.97$  Ton >  $Vu / \phi = 24.12$  Conforme

#### 3. DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA

**Hz = T2 + 10 cm = 80** cm

Por lo tanto: **H = Hp + Hz = 6.80** m

$B1 / H \geq$   $FSD \times (Ka \times \sigma_s) / (2 \times \gamma' m \times f) = 0.710$  ENTONCES  $B1 \geq 4.83$  m  
 $B1 = 4.83 + (T2 - T1)/2 = 5.03$  m PREDIMENSIONAR

**USAR B1 = 5.60** metros

$B2 / H \geq$   $(f \times FSV) / (3 \times FSD) - B1 / (2H) = -0.233$  ENTONCES  $B2 \geq -1.62$  m  
Valor minimo de B2 = 0.80 m PREDIMENSIONAR

**USAR B2 = 0.80** metros

Figura No. 75: Calculo de Diseño Sísmico y estructuras del muro de contención.



## DISEÑO SISMICO DE MUROS DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO

I.-

GEOMETRÍA DEL MURO		
H <sub>0</sub> =	6.00 m	6.00 m
H <sub>1</sub> =	0.80 m	0.80 m
T <sub>1</sub> =	0.30 m	0.30 m
T <sub>2</sub> =	0.70 m	0.70 m
B <sub>1</sub> =	5.60 m	5.60 m
B <sub>2</sub> =	0.80 m	0.80 m
H =	6.80 m	6.80 m
B =	6.40 m	6.40 m

Cuadro No. 21: Geometría del muro

II.-

DATOS		
$\gamma = (\text{kg/m}^3)$	2000.00 kg/m <sup>3</sup>	
$\phi =$	24°	0.42 rad
$\beta =$	0°	0.00 rad
$\alpha =$	0°	0.00 rad
$\psi =$	11°	0.19 rad
$\delta =$	12°	0.21 rad
$\gamma_c =$	2400 kg/m <sup>3</sup>	
$f_{cc} =$	210 kg/cm <sup>2</sup>	
$\sigma =$	2.77 kg/cm <sup>2</sup>	
$f_{ys} =$	4200 kg/cm <sup>2</sup>	
$W_{slc} =$	0.00 T/m <sup>2</sup>	
$i =$	0.445	
$K_{st} =$	0.422	

Cuadro No. 22: Banco de Datos de fórmula.

### III. ZONA SISMICA

ZONA **3** De 1 a 4 según la ubicación de la zona sísmica

En la Zona **3** se estima:

α = 0.35  
K<sub>h</sub> = α/2  
K<sub>v</sub> = 0.10

### DETERMINACION DEL EMPUJE SISMICO

Utilizando las Formulas de Mononobe Okabe

K<sub>h</sub> = 0.10  
K<sub>v</sub> = 0.09

ψ = tg<sup>-1</sup> (K<sub>h</sub> / (1 - K<sub>v</sub>)) = 10.85° 0.19 rad  
δ = φ/2 = 12.00° 0.21 rad

γ<sub>suelo</sub> = Peso Unitario del terreno de laboratorio = 2.00 T/m<sup>3</sup>  
φ = Angulo de Fricción Interna del Suelo de laboratorio 24°  
β = Angulo de inclinación de la pared = 0°  
α = Angulo de inclinación con la horizontal = 0°  
ψ = Angulo de Inercia Sísmica = 11°  
δ = Angulo de Fricción Estructura-Suelo = 12°

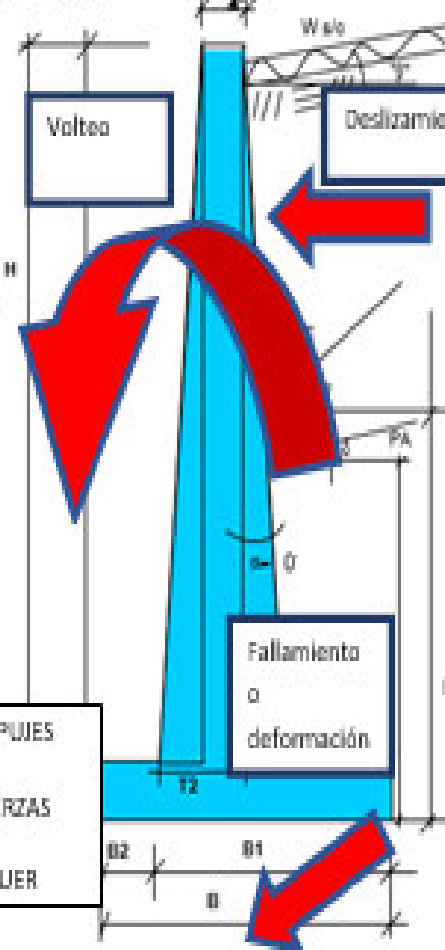


Fig. No. 76: Estructura del Muro

EMPUJES  
FUERZAS  
ESFUERZOS

$$K_{AE} = \frac{(\cos(\varphi - \psi + \alpha))^2}{\cos \psi \cos \alpha^2 \cos(\psi + \alpha + \delta) \left( 1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \psi + \beta)}{\cos(\delta + \psi - \alpha) \cos(\beta - \alpha)} \right)^2}$$

$$K_{AE} = 0.550$$

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - K_E) K_{AE} + W_{slc} H (1 - K_E) K_{AE}$$

### RESULTADO FINAL DEL EMPUJE DEL TERRENO

$$P_{AE} = 23.19 \text{ Ton}$$

PARA DETERMINAR EL PUNTO DE APLICACIÓN DE "PAE" SE NECESITA CONOCER "PA" (EMPUE ESTÁTICO)

$$K_A = \frac{(\cos(\varphi - \alpha))^2}{\cos \alpha^2 \cos(-\alpha + \delta) \left( 1 - \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cos(\beta - \alpha)} \right)^2}$$

$$K_A = 0.382$$

$$P_{AE} = 0.5 \times \gamma \times H^2 \times K_A = 17.67 \text{ Ton}$$

$$P_{AE} = W_{slc} \times H \times K_A = 0.00 \text{ Ton}$$

$$P_{AE} = P_{AE1} + P_{AE2} = 17.67 \text{ Ton}$$

### PUNTO DE APLICACIÓN DE LAS CARGAS

$$\Delta PAE = PAE - PA = 5.52 \text{ Ton}$$

"PA" ACTUA A 1/3 DE "H"

"PA2" ACTUA A 1/2 DE "H"

"ΔPAE" ACTUA A 0.50 DE "H"

### IV. FUERZAS INERCIALES Y MOMENTOS POR EFECTO DEL SISMO SOB MASA DEL MURO

FUERZA VERTICAL = W<sub>v</sub> - (K<sub>v</sub>) × (W<sub>v</sub>) (F.V)  
FUERZA HORIZONTAL = (K<sub>h</sub>) × (W<sub>v</sub>) (F.H)

### CONDICIONES DE MONONOB E OKABE

- 1- Que no se deslice la estructura de contención (Evitar la Falla al Deslizamiento)
- 2- Que no se voltee la estructura de contención (Evitar la Falla al Volteo)
- 3- Que no falle el terreno (Evitar exceder la capacidad admisible del terreno)

Capacidad Admisible = Capacidad Portante

### ZONAS SISMICAS



Fig. No. 77: Zonamiento de intensidad sísmica del Perú.

CUADRO "1.0"

SECCION	AREA "m <sup>2</sup> "	Pesos (P) "Ton"	Brazo de Giro "m"	MOMENTO "T - m"	Hr "T"	Mr "T-m"
"1"	1.80	4.32	1.35	5.83	1.92	5.83
"2"	5.12	12.29	3.20	39.32	5.47	39.32
"3"	29.40	58.80	3.95	232.26	26.18	232.26
"4"	1.20	2.88	1.07	3.07	1.28	3.07
"5"	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
Sobre Carga	1.00	0.00	3.95	0.00	0.00	0.00
PAE		0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
<b>TOTALES</b>		<b>78.29</b>		<b>280.49</b>	<b>34.86</b>	<b>280.49</b>

Fuerzas que Actúan Empujando el Muro

**Cuadro No. 23: Valores de Pesos, giros, momentos Hr y Mr.**

SECCION		Fuerzas (F) "Ton"	Brazo de Giro "m"	MOMENTO "T - m"	Ha "T"	Ma "T-m"
PA1		17.67	2.27	40.04	17.67	40.04
PA2		0.00	3.40	0.00	0.00	0.00
ΔPAE		5.52	3.40	18.77	5.52	18.77
<b>TOTALES</b>		<b>23.19</b>		<b>58.82</b>	<b>23.19</b>	<b>58.82</b>

**Cuadro No. 24: Valores de momentos Ha y Ma.****V. REVISION DE LA ESTABILIDAD DEL MURO**REVISION POR FALLA POR VOLTEO

\* FACTOR DE SEGURIDAD

FRV =  $\frac{Mr}{Ma}$  Momento de Resistencia entre Momento ActuanteFRV = **4.77** > 1.75 **CONFORME**REVISION POR FALLA POR DESLIZAMIENTO

\* FACTOR DE SEGURIDAD (CONDICION ESTATICA)

FRD =  $\frac{Fr}{Fd}$  Fuerza Resistente (Muro) entre Fuerza Actuante (Material)FRD = **1.50** > 1.50 **CONFORME**

LUEGO DE VERIFICAR LAS FALLAS POR DESLIZAMIENTO Y VOLTEO, IR A LA PESTAÑA DE CAPACIDAD PORTANTE Y COLOCAR EL VALOR DE LA CAPACIDAD PORTANTE MANUALMENTE EN LA PESTAÑA DE DIMENSIONAMIENTO (CELDA C19)

#### REVISIÓN POR FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA

**Presión Sobre el Terreno**  $X_o = (M_r - M_a) / P$   $X_o = 2.83 \text{ m}$

Tercio Central = 2.13

$1/3 \cdot B \leq X_o \leq 2/3 \cdot B$

$2.13 \leq 2.83 \leq 4.27$

Ok

#### Calculamos la Excentricidad

$e = B/2 - X_o$

$e = 0.37 \text{ m}$

$e < B/6$

$0.37 < 1.07$

Objetivos de la Fórmula de Mononobe Okabe:

- 1) Trata sobre las estructuras de contención y que el empuje del terreno sea menor que empuje del muro de contención.
- 2) Que el muro de contención no se volee.
- 3) Que no falle el terreno porque la capacidad admisible del terreno sea mayor que el peso o la presión del muro.

#### Presión Sobre el Terreno

$q_1 = P/B (1 + 6 \cdot e/B)$  16.46 T/m<sup>2</sup>

$q_2 = P/B (1 - 6 \cdot e/B)$  8.01 T/m<sup>2</sup>

$q_2 > 0$

La Presión del Terreno debe ser menor a la Capacidad Admisible

CONFORME

$q_{\text{mayor}} = 16.46 < q_{\text{adm}} = 27.70 \text{ Ton/m}^2$

Conforme

OBSERVACIÓN: LOS 3 CUADROS AMARILLOS DEBEN ESTAR CONFORMES

#### REDISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS NO REVISAR

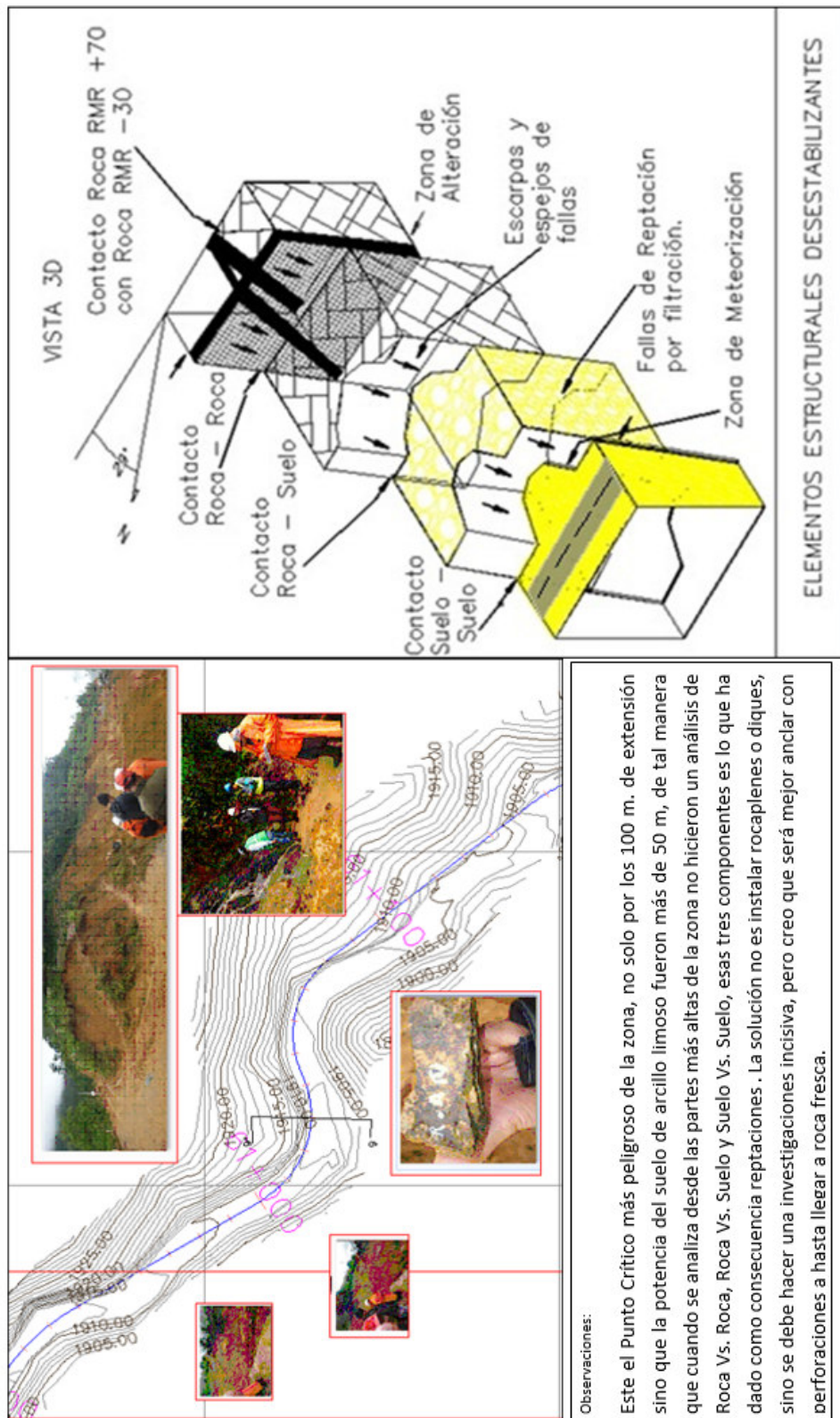
Si la excentricidad "e" no cae dentro del rango de "B/6", o si "q<sub>2</sub>" da un valor negativo, se puede redistribuir los esfuerzos de la siguiente manera:

$q_{\text{max}} = 2P / 3(B/2 - e) = 18.43 < \sigma_t = 27.70 \text{ Ton/m}^2$

CONFORME

$a = 2.8314625 / 2.13$

**8.13. Planos y esquema en 3D de la progresiva No. 61+000.**  
**(Descripciones y Observaciones)**



**Figura No. 78: Block Diagrama en 3D y plano topográfico.**

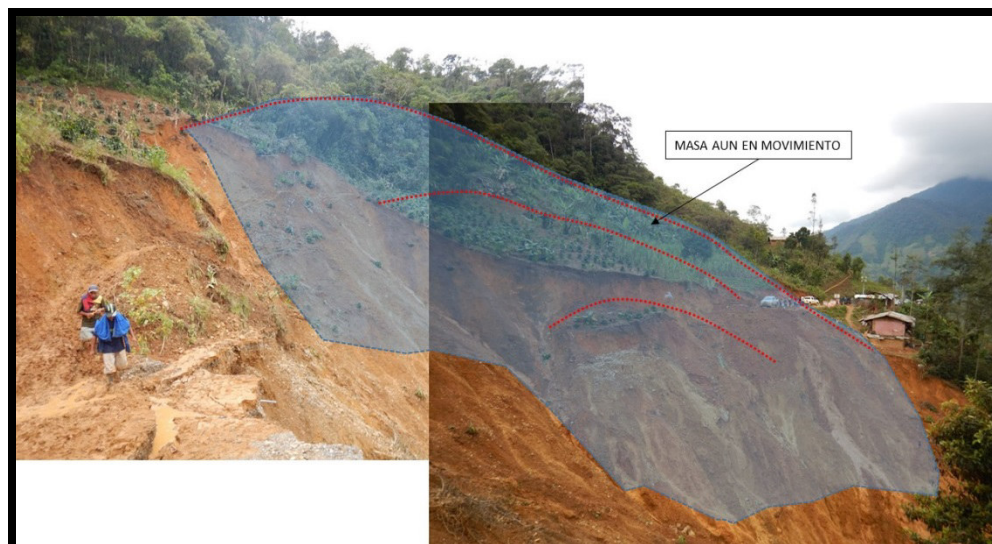
#### **8.14. Análisis del Ítem 8.12. y Figura No. 74.**

¿Por qué surgió el problema, las preguntas y los resultados?  
¿Qué problema y preguntas se está tratando de resolver? ¿Cómo se hizo para resolver el problema? ¿Cuáles son las respuestas a las preguntas de investigación?

El problema en esta zona es que el trazado de la carretera se hizo sobre calizas y areniscas resistentes, el principal problema es las intercalaciones de las lutitas, que por su aspecto fisible y su descomposición física, forma un desequilibrio al alto RMR de la arenisca y caliza, sumando el peligro el macizo rocos y este colapsa.

Para resolver este problema se ha propuesto gaviones escalonados frente al talud al que se debe bajar el porcentaje de pendiente, para evitar que este colapse, previo estudio y análisis estático, Pseudo estático e hidrogeológico.

El plano topográfico gráfica las curvas de nivel que indican que los taludes son empinados, suma su fracturamiento de macizo rocoso que favorece los derrumbes, que son peligrosos para los titulares del área aledaña a la zona suprayacente – adyacente. El peligro es también para los vehículos de libre circulación.



**FIGURA No. 79: VISTA PANORÁMICA DE LA ZONA INESTABLE AÚN EN MOVIMIENTO UBICADO EN EL TALUD SUPERIOR (POR EL AUTOR)**

El deslizamiento de la plataforma ha generado una masa inestable en la parte superior del talud, que debe ser eliminado en parte durante el tratamiento de emergencia.

Dentro de la superficie del deslizamiento en las paredes ahora expuestas se observa al menos unos cuatro puntos de afloramientos de agua (Figura No. 150); lo que hace suponer que éstas han delimitado la superficie de deslizamiento y por efecto de turificación y migración de finos por el incremento de las lluvias en la zona han generado el deslizamiento.

Por otro lado, como se puede observar en las investigaciones realizadas (Ensayos MASW 29, 30, 31 y 32; así como en los ensayos DPL 18, 19, 20 y 21), aproximadamente entre 4 y 10m existe la presencia de un suelo relativamente suelto conformado por arcillas y limos 171 y en profundidad se observa la presencia del basamento rocoso que por su velocidad se puede indicar que es de naturaleza blanda; ambos materiales al ser asociados con el agua, pierden sus propiedades de resistencia y son susceptibles al deslizamiento.

Las carreteras no se pueden trazar muy lejos del macizo rocos que sirve como base de sostenimiento, porque si se tiene como material inmediatamente infrayacente la estabilidad se complica porque debido, a la regular o baja cohesión de las arcillas, más el ángulo de fricción interna todo material de suelo colapsa si no se hace un buen cálculo pertinente del material

La alternativa de generar una variante hacia el talud con un corte, no es recomendado en razón de la presencia de la fisura de la parte superior ubicada a 70 m. De altura y debido a que no conocemos el grado alteración en la que se encuentra, se desconoce a la fecha la profundidad de la superficie de falla así como la ubicación de las concentraciones y infiltraciones de agua. (Major G., Ross-Brown D. & Kim H.J., 1978) (Nilsen T.H. & Brabb E.E.,1977).(O'Loughlin E.M., 1986).

Lo que sí sabemos es que debido al desplazamiento ocurrido los parámetros del suelo están por debajo de la resistencia pico y el corte en el pie puede generar un deslizamiento aún mayor. En la estabilización definitiva se debe evaluar la posibilidad de corte a esos niveles.

La masa inestable ubicado en el extremo superior del deslizamiento debe ser eliminado en parte para asegurar el trabajo en la parte inferior, la superficie del deslizamiento está marcadamente diferenciado con un salto de aproximadamente 1 m. en la parte inferior y de 5 m. en la parte superior.

En la zona las fallas de reptación son las más fáciles de observar porque las arcillas de baja cohesión y de regular cohesión se deslizan con un acompañante muy importante que es el agua filtrada los suelos geotécnicos.





**FIGURA No. 80: SUPERFICIE DE FALLA CLARAMENTE DIFERENCIADA UBICADA AL EXTREMO DEL DESLIZAMIENTO EN LA PROGRESIVA 61+100.**

Se debe instalar hitos de control topográfico y extensómetros en las grietas y fisuras principales, con la finalidad de alertar cualquier eventualidad durante el proceso constructivo en especial de la zona inestable.



**FIGURA No. 81: SUPERFICIES DE FALLA DIFERENCIADOS UBICADOS EN AMBOS EXTREMOS, SE OBSERVA EL MATERIAL DE DESLIZAMIENTO.**

Los agentes condicionantes en este sector identificados son los siguientes:

Características del material residual al estado de arcillas y limos

Suelo poroso de cobertura que facilita la infiltración de las aguas de lluvia, generando curso de agua sub superficial.

**8.15. Los agentes desencadenantes identificados en este tramo son los siguientes:**

- Lluvias intensas.
- Escorrentía superficial producto de las lluvias.

Debido a la naturaleza del deslizamiento se ha evaluado dos alternativas para recuperar la transitabilidad en el sector siendo éstas las siguientes:

- Alternativa 1. Corte del talud superior
- Alternativa 2. Relleno del talud inferior

Para evaluar ambas alternativas se ha realizado una serie de investigaciones en base a los ensayos MASW y DPL, de donde se obtiene los siguientes resultados:

Presencia de fisuras en la parte superior a 70 m. aproximadamente de la plataforma.

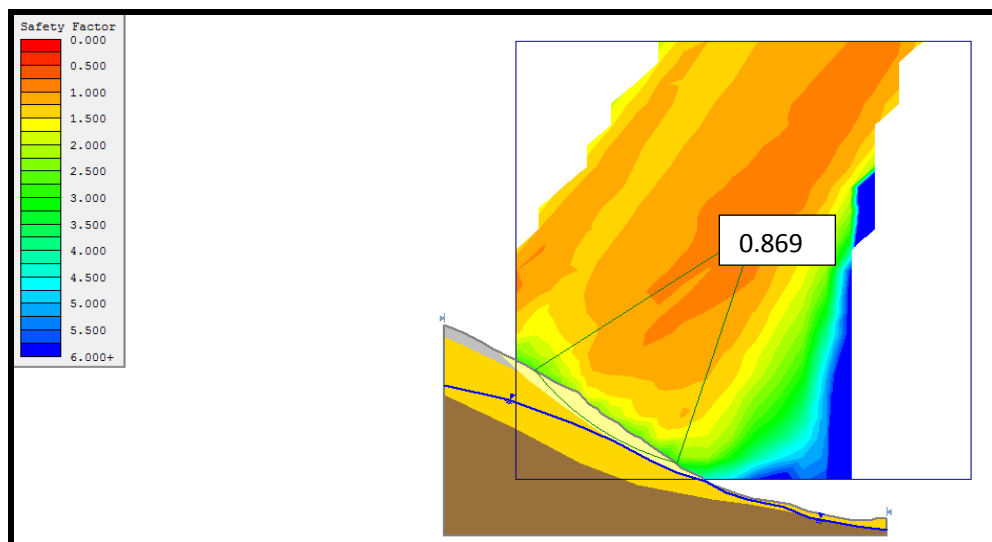
Presencia del basamento rocoso en la parte inferior del talud, al pie del deslizamiento.

Presencia de ojos de agua en toda la zona, en especial en la cara del deslizamiento.

La alternativa 1, se descarta por la probabilidad de falla del talud superior mayor al que actualmente tenemos.

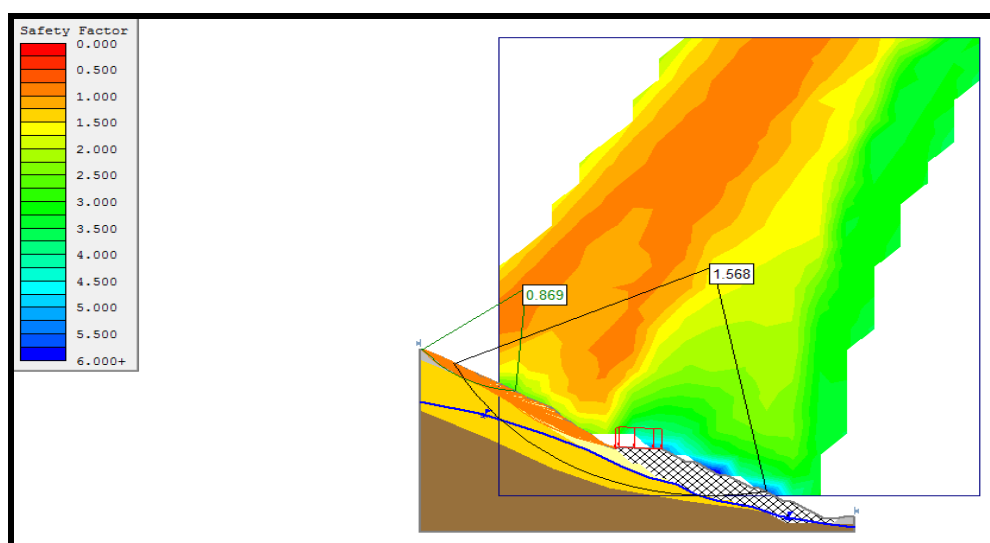
La presencia de la roca alterada al pie del deslizamiento posibilita la colocación de un gran relleno y debido a la naturaleza de los materiales y la difícil compactación se propone que ésta sea íntegramente de pedraplen o rocaplen.

Luego del obtenido la sección típica se analizada su estabilidad mediante el criterio de equilibrio límite con el programa SLIDE, de donde se obtiene los siguientes resultados:



**FIGURA NO. 82: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ACTUALES (POR EL AUTOR, 2016)**

Para el análisis de estabilidad en las condiciones actuales, se obtiene un Factor de Seguridad (F.S.) igual a 0.869, lo cual indica que es inestable. El siguiente análisis se ha realizado considerando la alternativa de relleno del talud inferior y se obtiene los siguientes resultados:



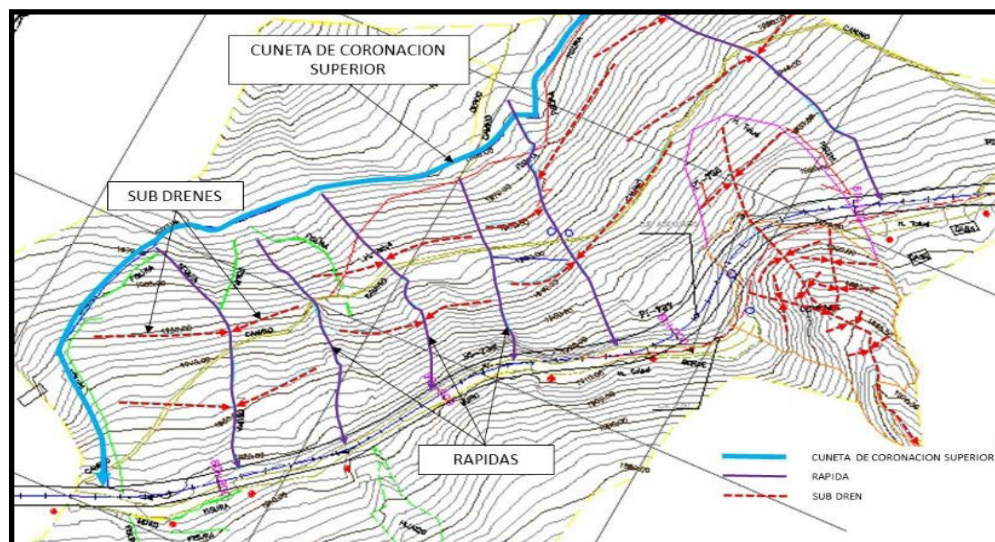
**FIGURA NO. 83: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CONSIDERANDO EL RELLENO DEL TALUD INFERIOR CON ENROCADO (POR EL AUTOR)**

Del análisis realizado se determina que el enrocado a colocar en la parte inferior incrementa los factores de seguridad global por encima de la unidad y la inestabilidad aún permanece en el talud superior y serán minimizados con las obras de drenaje y el muro al pie del talud propuesto.

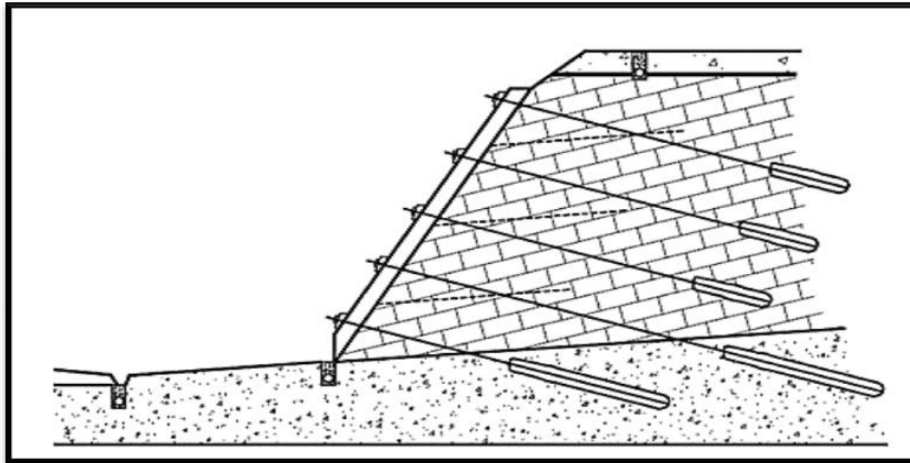
Para desarrollar la ingeniería de detalle se recomienda investigar con lo siguiente:

- Excavación de calicatas y trincheras
- Ensayos de Tomografía eléctrica.
- Ensayo MASW, y de refracción sísmica.
- Perforaciones diamantinas con instalación de inclinómetros y piezómetros.
- Instalación de puntos de monitoreo y de desplazamiento.

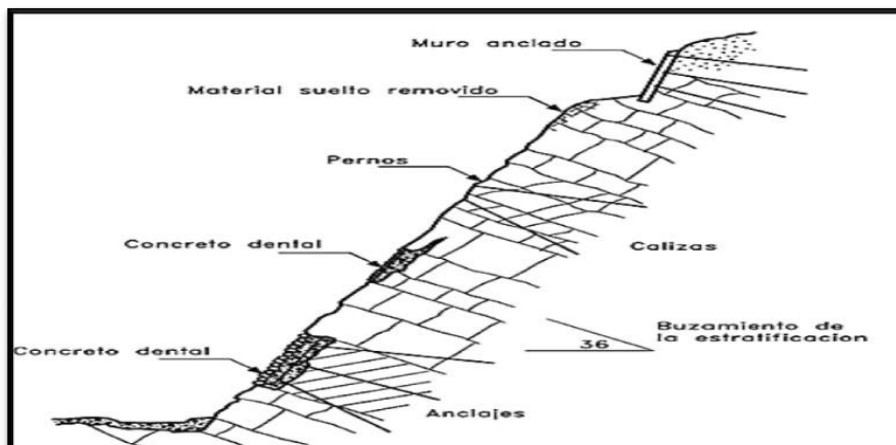
#### **8.16. Esquemas propuestas para la estabilización de los taludes en el tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple.**



**FIGURA NO. 84: PLANO TOPOGRÁFICO CON LAS ESTRUCTURAS DE PESCAO DE CANALIZACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA PROG. 61+100. (POR EL AUTOR)**



**FIGURA NO. 85: SISTEMAS DE ANCLAJE, SISTEMA PROPUESTO POR EL AUTOR.**



**FIGURA NO. 86: SISTEMAS DE ESTABILIZACIÓN, SISTEMA PROPUESTO POR EL AUTOR.**

#### **8.17. Análisis del punto crítico 61+000: Análisis del Ítem 8.10. donde se observa la Matriz de medio ambiente-geología-geotecnia-geomecánica y carga portante.**

Este punto crítico Progresiva 61-00 hasta la progresiva 61-100 es el más peligroso de todas las áreas, ya que tiene aproximadamente 100 m. de extensión con un espesor o potencia de presencia de arcilla de 60 m. a 80 m. , de tal manera que con el agua de infiltración colapso, se hicieron los cálculos respectivos.

La intercalación de lutitas y pizarras con la andesita y cuarcitas no tengan una estabilidad rígida, por eso se están realizando obras para crear un rocaplen y unas perforaciones diamantinas o de tajo anular para poner anclajes con planchas de metal.

También se consideran las fallas como **Creep o Creeping** que son fallas superficiales debido a un proceso más o menos continuo y por lo general lento de deslizamiento lateral abajo.

Este tipo de falla suele afectar grandes áreas de terreno. El movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y la masa inmovil más profunda. No se presenta una superficie de falla definida.

#### **8.18. Recomendaciones para evitar los deslizamientos de los taludes por el fenómeno del Niño.**

Se debe hacer análisis de monitoreo cada tres meses del caudal pluviométrico y fluviométrico de las aguas de lluvia y río, hacer cálculos con el programa Hcanales, Slide, el coeficiente de Manning para ver el factor N, concatenar la data con la velocidad crítica de los caudales y definir los materiales que tienen que ir en las riveras o taludes para sostener o determinar los factores de seguridad (F.S) las pendientes de los taludes y determinar la Carga Última y las Cargas Admisibles de las estructuras de sostenimiento.

## **CAPÍTULO V**

### **Discusión**

#### **¿Porque nos preocupamos por el problema, las preguntas y resultados?**

Los análisis pseudo-estáticos están realizados en capítulo IV, que tienen una relación directa con factor mínimo 1. Que son trabajos realizados de manera físico matemáticas y con aplicaciones del software Slide donde el análisis pseudo-estático es con el protocolo de geofísica que se encuentra en el anexo de esta tesis. Y además se usó y aplico el mapa de Isoaceleraciones donde se ubicó el lugar de interés de esta tesis y se determino como índice de aceleración 0.30. Los factores de seguridad en los 10 más importantes todos los análisis pseudo estático fueron menores que 1 razón por la cual colapsaron.

El problema esencial es la caída, reptación o colapsos de los taludes. La pregunta principal que nos debemos hacer es: ¿Como controlamos las caídas de los taludes? Para obtener óptimos resultados se hacen estudios estáticos, pseudo-estáticos y análisis de infiltración de agua en las arcillas y otros materiales, hacer cálculos físicos matemáticos y aplicación de softwares para determinar los factores de seguridad que en base a la geometría, el Peso Unitario, Angulo de Fricción Interna, Cohesión, Límites de Atterberg evitamos las caídas.

#### **¿Qué problemas y preguntas se están tratando de resolver?**

Determinar los análisis estáticos que son los factores de seguridad mayores que 1.5, los análisis pseudo-estáticos donde los valores de estabilidad tienen que ser mayores que 1, los análisis de hidrología (factores de caudales pluviales y fluviales), hidrogeología (filtraciones que crean post-fracturamientos y análisis de líneas equipotenciales, líneas máxima saturación, napa freática, etc. Como detener la caída de los taludes.



**¿Cómo se hizo para resolver o avanzar en el problema?**

Haciendo cálculos geotécnicos y geomecánicos, cambiando la morfología del terreno en base al análisis de terreno aplicando parámetros geotécnicos.

**¿Cómo se hizo para resolver o avanzar en el problema?**

Se utilizó maquinaria pesada como palas mecánicas, retroexcavadoras y camiones para remover el material que interrumpió el normal desempeño de la circulación carrosable de la carretera.

**¿Cuáles son las respuestas a las preguntas de investigación?**

Determinar los factores de seguridad estáticos (valor mínimo 1.5.) y determinar el factor de seguridad pseudo estático (valor mínimo 1.0)

¿Con que tipos de pruebas mecánicas de laboratorio se obtiene el ángulo de fricción interna?

- Ensayo de Corte Directo
- Compresión Triaxial

¿Cuándo Ud. manifiesta que en solo 7 meses solucionó el problema de 2 años que no se pudo hacer las investigaciones, Ud. cree que poniendo una fórmula variables puede hacer que el cerro no se haya deslizado?

Luego de un análisis de mi o roca intacta mas discontinuidades se puede analizar el macizo rocos, todo es esquemático, para eso esta el peso unitario que no es densidad, hay una analisis hidroscoptico, no es solamente el angulo de fricción interna esta la resistencia pico y la resistencia residual que es la que vale, luego se ve la consistencia cohesion cohesividad adherencia, compactación y compresión, permeabilidad, Ratio de pasión y Módulo de Young se corren los cálculos físicos matemáticos para calibrar softwares y luego se aplica la fórmula de Monobe-Okabe.

## **CAPÍTULO VI:**

### **CONCLUSIONES**

Se determino el aspecto cualitativo y cuantitativo de las juntas o fallas regionales y locales, así como también las micro-fallas que son rastros de desplazamiento de los materiales de suelo y roca, se piensa que esta tesis esta innovando al considerar el sentido del tratado directo de los materiales generados por un metamorfismo que desestabiliza el macizo rocoso o la estructura suprayacente, no existe bibliografía precedente en este tema. La arcilla y la infiltración de agua que favoreció los colapsos, subsidencias, reptaciones seguidas de post-fracturamientos.

Se ha determinado la ubicación de muestreo de rocas alteradas, desintegradas y descompuestas para análisis en el laboratorio y se determinó su cohesión. Se investigó el comportamiento del suelo geotécnico de las áreas de los taludes adyacentes a la carretera, estabilidad de los taludes en sus puntos más críticos. Hicimos el análisis en los tramos críticos de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple en las progresivas 23 y 61 que son de mayor dimensión.

Se evaluó la infiltración y el factor ambiental extremo de bajas y altas temperaturas, que origina contracciones, concreciones o expansiones de los materiales arcillosos, en consecuencia originan varios desplazamientos de suelo. La zona del tramo Cochabamba- Cutervo hasta la progresiva punto 61 es seco serrano, por lo tanto, los climas extremos de bajas temperaturas 5°C - 10°C, congelan las aguas de infiltración y generan expansiones del material arcilloso produciendo fracturas, fallas y diversos desplazamientos.

Las ondas sísmicas imperceptibles son factores que originan materiales entre suelos y rocas de poca o alta resistencia que colapsen. Las intercalaciones de rocas de RMR bajo y alto son causas de deslizamientos bajos o altos. Requiere desarrollar un plan agresivo de canalización en las cumbres de los cerros y hacer un plan inmediato hidrológico e

hidrogeológico para mitigar el exceso **infiltración** en los taludes de la carretera, suma el excesivo espesor de contacto suelo/roca y suelo-suelo hecho que favorece a los deslizamientos.

Se ha denominado y determinado que los materiales desestabilizantes causados por un metamorfismo han desestabilizado el macizo rocoso, proceso que favorece las reptaciones y colapsos. Por falta de un TDR s de hidrología, hidrogeología e hidrotecnia a permitió que las filtraciones activen los movimientos de fracturamientos, etc.

Usamos y aplicamos el factor de aceleración (g) determinado por el índice 0.30 ( Ver página 150) que es obtenido de dos formas:

a) Mapa del IGN de iso-aceleraciones donde se ubica la zona de interés en base a las coordenadas UTM.

Todos los datos que se han usado en este trabajo están basados en datos obtenidos en campo, calicatas, laboratorio. tajo anular con aplicaciones de programas y softwars (Dips, Slide, etc) .

El **análisis estático** se obtiene a partir de la geometría del talud que se obtienen de los perfiles topográficos mas los parámetros geotécnicos, luego se hacen invesitgaciones de Mohr-Coulomb, Hoek Brown u otros criterios de ruptura o fallamiento mas los análisis de Peso Unitario, Angulo de Fricción Interna, Cohesión, Consistencia, Cohsividad, Adhesión, Compresibilidad y compactación, Permeabilidad aplicando también Ratio de Poisson, Modulo de Young entre otros parámetros más, donde el factor de seguridad (F.S.) mínimo es 1.5, luego para el **análisis pseudo-estático** se aplica la aceleración g que para este caso de ubicación es 0.30 (g) donde el valor mínimo es 1 y se obtiene el factor de seguridad pseudo-estático con el software Slideo GeoStudio o Geo5, etc.

## RECOMENDACIONES

Al lector de esta tesis se le recomienda considerar que los técnicos, ingenieros geotecnistas, geólogos etc., la tengan en cuenta la geomorfología, geometría y topografía del área utilizada, así como la influencia de la gravedad por las caídas de las rocas en los taludes.

Se recomienda a los técnicos, capataces, ingenieros, etc., que lean esta tesis le podría servir como base de datos, para desarrollar sus programas de perforaciones para estabilizar los materiales del punto crítico en la progresiva 61-00 con respecto a la roca fresca, como por ejemplo instalar anclajes estabilizantes.

Para evitar la infiltración de las aguas de lluvia se recomienda el uso de sub drenes en toda la extensión superior del talud. Para así contener la masa inestable, adicionalmente al drenaje de las obras propuestas, se recomienda la colocación de mallas de contención flexibles y gaviones, etc.

Para la evaluación del sostenimiento a instalar se recomienda realizar ensayos complementarios con perforaciones diamantinas e instalación de inclinómetros y piezómetros, así como ensayos que permita definir la superficie de falla y las zonas de concentración de agua. Ver el CD.

Hay que evitar las variables o agentes desencadenantes de las fallas geológicas, nuestro país, se encuentra ubicado en el borde oriental del Cinturon de Fuego y debido a las características geológicas, hidrometeorológicas entre otros factores condicionantes-descencadenantes son los sismos, tsunamis, erupciones volcánicas, movimientos de masas, descenso de temperaturas (heladas y friajes), erosiones de suelos, cercanías de fallas, zonas de riesgo, etc. La Placa de Nazca, los sismos y los suelos inestables con las fallas de las rocas son factores desencadenantes fatales para la ocurrencia de desastres naturales.

## BIBLIOGRAFIA

Tazewell P.B. & Farmer I.W. (1973) - Principles of Engineering Geology. Chapman & Hall, London . (Attewell P.B. & Farmer I.W. ,1973)

Barton M.E. & Thompson R.I. (1986) - A model for predicting groundwater response to meteorological changes. Groundwater in Engineering Geology. Geol. Soc. Eng. Group. Spec. Pub., **3**, 299-311.  
(Barton M.E. & Thompson R.I.,1986)

Casagrande A. (1971). On liquefaction phenomena: report of a lecture. Géotechnique, 21, 197-202. (Casagrande A.,1971).

DeGraff J.V. (1985). Using isopleth maps of landslides deposits as a tool in timber sale planning. Bull. Am. Ass. of Eng. Geologists, 22, 445-453.  
(DeGraff J.V.,1985).

Dunne T. (1991). Stochastic aspects of the relations between climate, hydrology and landform evolution. Transaction Japanese Geomorphological Union , 12, 1-24. ( Dunne T.,1991).

Gonzales, S. (2005), Estabilidad de taludes con criterios de rotura no lineales y leyes de influencia no asociados. Editorial.....España , p. 35-78. (Gonzales, S.,2005),

González del Valle, L. (2002). Ingeniería Geológica, Editorial Pearson Educación, p. 35-42. (González del Valle, L.,2002).

Einstein H.H. (1988). Special lecture: landslide risk assessment procedure. Proc. 5<sup>th</sup> Int. Symp. On Landslides, Lausanne, 2, 1075-1090.  
(Einstein H.H. ,1988).

Herrera, F. (2000). Análisis de Estabilidad de Taludes-Guía de Cálculo de Estabilidad de Taludes. Editorial ..... Madrid, p.. 91-102.

(Herrera, F.,2000).

Hoek E. & Bray J.W. (1981). Rock Slope Engineering. Institution of Mining and Metallurgy, London , 357 pp.(Hoek E. & Bray J.W.,1981).

IGME (1997) Manual de Ingeniería de Taludes. Editora IGME-EPTISA-España. Pp. 77-221 (IGME,1997)

Iverson R.M. & Major J.J. (1987) - Rainfall, groundwater flow and seasonal movement at Minor Creek Landslide, NW California: physical interpretation of empirical relations. Geol. Soc. Am. Bull., **99**, 579-594.  
(Iverson R.M. & Major J.J.,1987)

John K.W. (1968). Graphical stability analysis of slopes in jointed rock. J. Soil Mech. Found. Div Proc. ASCE, **94**, SM2, 497-526.

(John K.W.,1968).

Major G., Ross-Brown D. & Kim H.J. (1978) - A general probabilistic analysis for three-dimensional wedge failures. Proc. 19th U.S. Rock Mech. Symp, Mackay School of Mines , Nevada , 45-56.

(Major G., Ross-Brown D. & Kim H.J.,1978)

McMahon B.K. (1975). Probability of failure and expected volume of failure in high slopes. Proc. 2<sup>nd</sup> Australia-New Zealand Conf. Geomechanics, Brisbane , 308-317.

(Major G., Ross-Brown D. & Kim H.J.,1978)

Nilsen T.H. & Brabb E.E. (1977). Slope stability studies in the San Francisco bay region, California . Geological Society of America , Reviews in Engineering Geology, **3**, 235-243.

(Nilsen T.H. & Brabb E.E.,1977).



O'Loughlin E.M. (1986). Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis. *Water Resources Research*, **22** (5), 794-804. (O'Loughlin E.M.,1986).

Piteau D.R. & Clayton R. (1977). Discussion on paper : "Computerised design of rock slopes using interactive graphics for the input and output of geometrical data" of Cundall P.A., Voegelé M.D. & Fairhurst C. *Proc. 16th Symp. on Rock Mechanics. University of Minnesota . ASCE*, 62-63 (Piteau D.R. & Clayton R.,1977).

Romana M. (1985) - New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slopes. *Int. Symp. on the Role of Rock Mechanics. Zacatecas*. 49-53. (Romana M.,1985)

Starosolzky O. & Melder O.M. (1989). Hydrology of disasters. *World Meteorological Organisation Technical Conference, Geneva , November 1988. James and James, London , 319 pp.* (Starosolzky O. & Melder O.M.,1989).

Terzaghi K. (1950). Mechanismo of Landslides, *Geol Soc. America. Eng. Geol. Berkeley Volume*, 83-123. (Terzaghi K.,1950).

Van Gassen W. & Cruden D.M. (1989). Momentum transfer and friction in the debris of rock avalanches. *Canadian Geotechnical Journal*, **26**, 623-628. (Van Gassen W. & Cruden D.M. ,1989)

Varnes D.J. (1978). Slope movements, type and processes. In: Schuster R.L. & Krizek R.J. (Eds.), *Landslides analysis and control. Washington Transportation Research Board, Special Report 176. National Academy of Sciences , WA , 11-33.* (Varnes D.J.,1978).

Wilson, G. (1994) *Geología del Cuadrángulo de Cutervo (13-i), INGEMMET. Boletín Serie A Carta Geológica. No. 38, p. 40-58.* (Wilson, G.,1994)

# ANEXOS

PRUEBAS  
DE  
ENSAYOS  
DE  
LABORATORIO

ZONA

REPRESENTATIVA

DE

CLIMA

SECO

SERRANO



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

0214

## Facultad de Ingeniería Civil Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú Telefax 381-3842 Central Telefónica 481-1070 Anexo 308

### INFORME N° S11-703-3

SOLICITANTE : TEGEPSA  
PROYECTO : ESTUDIO CARRETERA COCHABAMBA CHIPLE - CAJAMARCA  
UBICACIÓN : CAJAMARCA  
FECHA : 07 DE SEPTIEMBRE DEL 2011

### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Pozo : P4  
Progresiva : 41+895  
Prof.(m.) : 2,45 a 2,90

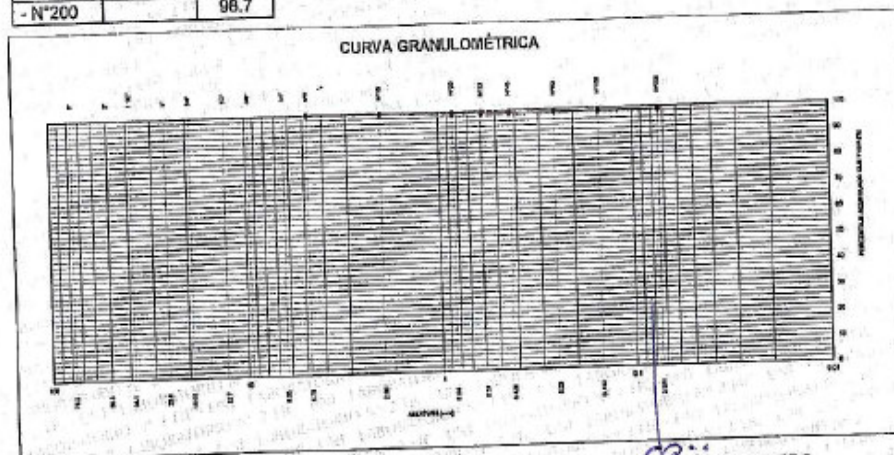
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Retenido	(%) Acumulado Retenido	Pasa
3"	76.200	-	-	-
2"	50.800	-	-	-
1 1/2"	38.100	-	-	-
1"	25.400	-	-	-
3/4"	19.050	-	-	-
1/2"	12.700	-	-	-
3/8"	9.525	-	-	-
1/4"	6.350	-	-	-
N°4	4.750	-	-	100.0
N°10	2.000	0.3	0.3	99.7
N°20	0.840	0.5	0.8	99.2
N°30	0.590	0.1	0.9	99.1
N°40	0.425	0.1	0.9	99.1
N°60	0.250	0.1	1.1	98.9
N°100	0.149	0.1	1.2	98.8
N°200	0.074	0.1	1.3	98.7
- N°200		98.7		

% grava :	-
% arena :	1.3
% finos :	98.7

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido (%)	78.02
Límite plástico (%)	36.76
Índice Plástico (%)	41.3

Clasificación SUCS ASTM D2487 : MH



Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante.  
Ejecución: Tce. Mervin Soto

JAIME JORGE SANCHEZ DE RIVERO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 34486

Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa del Laboratorio N° 2  
Mecánica de Suelos y Pavimentos - UNI - FIC



JUAN ARMANDO MONTAÑA QUINTANILLA  
INGENIERO GEOLOGO  
C.I.P. N° 26782



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

0215

## Facultad de Ingeniería Civil

### Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos y Pavimentos

Av. Tupac Amaru N° 210 - Lima 25 - Perú Teléfax 381-3842 Central Telefónica 481-1070 Anexo 308

#### INFORME N° S11-703-4

SOLICITANTE : TEGEPSA  
PROYECTO : ESTUDIO CARRETERA COCHABAMBA CHIPLE - CAJAMARCA  
UBICACIÓN : CAJAMARCA  
FECHA : 07 DE SEPTIEMBRE DEL 2011

#### REPORT DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Pozo : P-5  
Progresiva : 41+895  
Prof.(m.) : 1,80 a 3,95

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

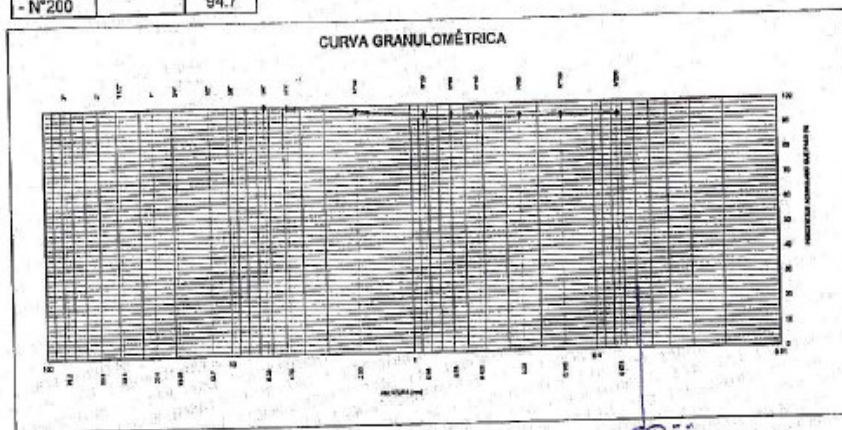
Tamiz	Abertura (mm)	(%) Porcentaje Retenido	(%) Acumulado Retenido	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.800	-	-	
1 1/2"	38.100	-	-	
1"	25.400	-	-	
3/4"	19.050	-	-	
1/2"	12.700	-	-	
3/8"	9.525	-	-	
1/4"	6.350	-	-	100.0
N°4	4.750	0.6	0.6	99.4
N°10	2.000	1.7	2.4	97.6
N°20	0.840	1.9	4.3	95.7
N°30	0.600	0.1	4.4	95.6
N°40	0.425	0.3	4.7	95.3
N°60	0.250	0.3	5.0	95.0
N°100	0.149	0.1	5.2	94.8
N°200	0.074	0.1	5.3	94.7
- N°200			94.7	

% grava :	0.6
% arena :	4.7
% finos :	94.7

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
Límite Líquido (%) :	67.51
Límite plástico (%) :	41.54
Índice Plástico (%) :	26.0

Clasificación SUCS ASTM D2487

MH



Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante.  
Ejecución: Tcc. Marvin Soto

JAIME JORGE S. MEDRADE RIVERO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 34486

Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS  
Jefa del Laboratorio N°2  
Mecánica de Suelos y Pavimentos - UNI - FIC



JUAN ARMANDO MONTOYA QUINTANILLA  
INGENIERO GEOLOGO  
C.I.P. N° 26782



ZONA

REPRESENTATIVA

DEL

CLIMA

TROPICAL

LLUVIOSO

# INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLE

TRAMO : COCHABAMBA - CUTERVO - CHIPLE

REGION : CAJAMARCA

ASTM D 3080

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

## REFERENCIAS DE LA MUESTRA

ESTADO : Remoldeado (material + tamiz Nº 4)

UBICACIÓN : KM. 61-580 (Direcho)

CALICATA : CT-ID

MUESTRA : M-1

PROFUNDIDAD(m): 0.00 - 2.30

CLASIFICACION SUCS ASTM D2487 : CL

CLASIFICACION AASHTO M-145 : A-6 (10)

Fecha : 20-Ago-2010

Especimen Nº	I	II	III
Lado de la caja (cm)	5.97	5.97	5.97
Altura Inicial de muestra (cm)	1.960	1.960	1.960
Densidad húmeda inicial (gr/cm3)	1.898	1.898	1.898
Densidad seca inicial (grm/cm3)	1.617	1.617	1.617
Cont. de humedad inicial (%)	17.38	17.38	17.38
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.908	1.854	1.806
Altura final de la muestra (cm)	1.910	1.820	1.780
Densidad húmeda final (gr/cm3)	1.630	1.669	1.715
Densidad seca final (gr/cm3)	1.674	1.727	1.781
Cont. De humedad final (%)	16.88	15.92	15.06
Esfuerzo normal (kg/cm2)	0.50	1.00	1.50
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm2)	0.541	0.619	0.697

Angulo de fricción interna: 35°  
Cohesión (kg/cm2): 0.47

PROFESIONAL : Ing. Alberto Rafael Díaz Ríos  
TECNICO : Alejandro M. Esquivés Vives

JAIME JORGE SALVEDRA DE RIVERO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP Nº 34486



ALEJANDRO M. ESQUIVES VIVES  
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Alberto Rafael Díaz Ríos  
Ingeniero Civil  
C.I.P. Nº 70077

JAIME JORGE SALVEDRA DE RIVERO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP Nº 34486

JUAN ARMANDO MONTAÑA QUINTANILLA  
INGENIERO GEOLOGO  
C.I.P. Nº 26782

## INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : ESTUDIO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA COCHABAMBA - OTERVO - CHIPLE

TRAMO : COCHABAMBA - OTERVO - CHIPLE

REGION : CAJAMARCA

ASTM D 3080

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

ESTADO : Remoldeado (material < tamiz Nº 4)

UBICACIÓN : KM. 61-580 (Derecho)

CALICATA : CT-ID

CLASIFICACION SUCS ASTM D2487 : CL

MUESTRA : M-1

CLASIFICACION AASHTO M-145 : A-6 (10)

PROFUNDIDAD(m): 0.00 - 2.30

Fecha : 20-Ago-2010

Especimen Nº	I	II	III
Lado de la caja (cm)	5.97	5.97	5.97
Altura Inicial de muestra (cm)	1.960	1.960	1.960
Densidad húmeda inicial (gr/cm3)	1.898	1.898	1.898
Densidad seca inicial (grm/cm3)	1.617	1.617	1.617
Cont. de humedad inicial (%)	17.38	17.38	17.38
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.908	1.854	1.806
Altura final de la muestra (cm)	1.910	1.820	1.780
Densidad húmeda final (gr/cm3)	1.630	1.669	1.715
Densidad seca final (gr/cm3)	1.674	1.727	1.781
Cont. De humedad final (%)	16.88	15.92	15.06
Esfuerzo normal (kg/cm2)	0.50	1.00	1.50
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm2)	0.541	0.619	0.697

Angulo de fricción interna:

35°

Cohesión (kg/cm2):

0.47

JAIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP Nº 34486

PROFESIONAL : Ing. Alberto Rafael Díaz Ríos  
TECNICO : Alejandro M. Esquivés Vives

*Alejandro M. Esquivés Vives*  
ALEJANDRO M. ESQUIVÉS VIVES  
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

*Alberto Rafael Díaz Ríos*  
Alberto Rafael Díaz Ríos  
Ingeniero Civil  
C.I.P. Nº 30077

*Jaime Jorge Saavedra de Rivero*  
JAIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP Nº 34486

*Juan Armando Montoya Quintanilla*  
JUAN ARMANDO MONTOKA QUINTANILLA  
INGENIERO GEOLOGO  
C.I.P. Nº 26782

**PROTOCOLO**

**DE**

**RIESGO**



## PROTOCOLO DE RIESGO

Inicio Tramo (Km. 0+000)						
Periodo Retorno (Años)	50	100	200	400	475	1000
Intensidad	5.0 1	5.1 9	5.3 6	5.5 3	5.5 8	5.7 6
Antilogaritmo	150.28	178.84	212.82	253.27	264.59	317.74
Aceleración Max	0.153	0.182	0.217	0.258	0.27	0.324
Aceleración de diseño (-30%)	0.107	0.128	0.152	0.181	0.189	0.227
Aceleración de diseño Recomendado (-45%)	0.084	0.100	0.119	0.142	0.149	0.178
Final Tramo (Km. 64+710)						
Periodo Retorno (Años)	50	100	200	400	475	1000
Intensidad	5	5.17	5.34	5.51	5.56	5.74
Antilogaritmo	148.84	176.59	209.25	247.96	258.77	309.72
Aceleración Max	0.152	0.18	0.214	0.253	0.264	0.316
Aceleración de diseño (-30%)	0.106	0.126	0.149	0.177	0.185	0.221
Aceleración de diseño Recomendado (-45%)	0.084	0.099	0.118	0.139	0.145	0.174

Análisis para el Inicio del Tramo (Km. 0+000)		0.29
Análisis para el Final del Tramo (Km. 65+710)		0.31
Aceleración de diseño recomendado para toda la vía	Promedio	0.30g

FORMATO

DE

TAJO

ANULAR








## ANEXO : PERFORACIONES

REGISTRO DE PERFORACION DIAMANTADA P-05														
UBICACION		PUNTO 4+752.50 ANEXO CERRILLOS			INCLINACION DEL SONDO		90°			RELEVANTE		P.041		
ESTRUCTURA		SUELO ALMOA			AZIMUT DEL SONDO		N 130° E			SUPLENIDO POR		AM		
COORDENADAS		N 970993.81 E 720898.06			NIVEL TIEBOLD (metros)		2486.1			RELEVANTE POR		P.042		
COTA DE BOSA		2486.35			EQUPO		G3 - 44			RELEVANTE POR		R.C.B.		
PROFUNDIDAD (metros)		20.10			FECHA DE INICIO		20 - 02 - 2011			FECHA DE CIERRE		27		
					FECHA DE FINALIZACION		07 - 06 - 2011			No. DE CAJAS DE RESERVO		07		
DESCRIPCION GEOLOGICA		MUESTRA		ANALISIS		PROFUNDIDAD (m)		CATEGORIA		TIPO DE PERFORACION		TIPO DE MUESTRA		
15.00 - 15.05 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.05 - 15.10 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.10 - 15.15 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.15 - 15.20 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.20 - 15.25 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.25 - 15.30 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.30 - 15.35 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.35 - 15.40 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.40 - 15.45 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.45 - 15.50 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.50 - 15.55 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.55 - 15.60 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.60 - 15.65 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.65 - 15.70 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.70 - 15.75 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.75 - 15.80 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.80 - 15.85 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.85 - 15.90 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.90 - 15.95 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
15.95 - 16.00 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.00 - 16.05 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.05 - 16.10 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.10 - 16.15 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.15 - 16.20 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.20 - 16.25 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.25 - 16.30 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.30 - 16.35 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.35 - 16.40 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.40 - 16.45 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.45 - 16.50 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.50 - 16.55 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.55 - 16.60 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.60 - 16.65 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.65 - 16.70 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.70 - 16.75 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.75 - 16.80 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.80 - 16.85 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.85 - 16.90 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.90 - 16.95 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
16.95 - 17.00 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.00 - 17.05 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.05 - 17.10 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.10 - 17.15 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.15 - 17.20 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.20 - 17.25 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.25 - 17.30 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.30 - 17.35 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.35 - 17.40 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.40 - 17.45 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.45 - 17.50 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.50 - 17.55 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.55 - 17.60 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.60 - 17.65 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.65 - 17.70 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.70 - 17.75 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.75 - 17.80 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.80 - 17.85 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.85 - 17.90 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.90 - 17.95 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
17.95 - 18.00 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.00 - 18.05 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.05 - 18.10 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.10 - 18.15 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.15 - 18.20 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.20 - 18.25 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.25 - 18.30 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.30 - 18.35 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.35 - 18.40 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.40 - 18.45 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.45 - 18.50 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.50 - 18.55 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.55 - 18.60 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.60 - 18.65 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.65 - 18.70 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.70 - 18.75 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.75 - 18.80 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.80 - 18.85 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.85 - 18.90 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.90 - 18.95 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
18.95 - 19.00 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.00 - 19.05 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.05 - 19.10 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.10 - 19.15 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.15 - 19.20 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.20 - 19.25 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.25 - 19.30 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.30 - 19.35 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.35 - 19.40 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.40 - 19.45 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.45 - 19.50 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.50 - 19.55 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.55 - 19.60 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.60 - 19.65 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.65 - 19.70 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.70 - 19.75 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.75 - 19.80 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.80 - 19.85 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.85 - 19.90 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.90 - 19.95 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		
19.95 - 20.00 m		ROCA CALIZA		A2		C2		F2		H1		85		

PANEL FOTOGRÁFICO  
DE LOS  
PUNTOS CRÍTICOS  
Y  
OBSERVACIONES  
DEL TRAMO  
DE LA  
CARRETERA

**FOTOS DE TALUDES TIPIFICADOS DEL TRAMO DEL ESTUDIO, COCHABAMBA-CUTERVO-CHIPLE CON SUGERENCIAS PARA ESTABLECER IMPACTOS GEOTECNICOS POSITIVOS.**

<p><b>1</b></p>  <p>Falta calicatas o trincheras o tajo anular.</p>	 <p>Gavión al pie, sobre la zapata del puente.</p>
<p><b>2</b></p>  <p>Material rocoso que colapsara en corto plazo.</p>	 <p>Gavión adecuado</p>
<p><b>3</b></p>  <p>Material rocoso que colapsara a corto plazo. El ángulo no es adecuado para este tipo de material arcilloso tiene que ser menos a 40°</p>	 <p>Zona estable: Software con brújula geotécnica que determina orientación, buzamiento y rumbo</p>

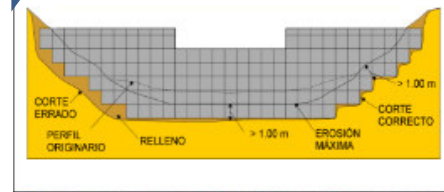
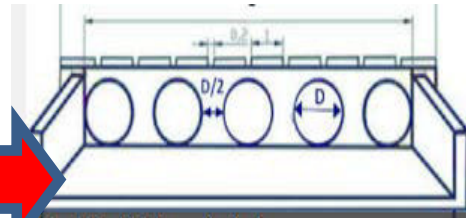
4



Cantera: zona de impacto positivo.

Clasificación de los materiales de suelo.

5



Pendiente muy alta que se tiene que corregir. Zona de impacto negativo o alto riesgo con colapso de roca, se requiere mantenimiento del talud.

Muro de contención

6



Falta de canales pendientes muy altas y conos de deyección.

Gavión adecuado



7



Pendiente muy alta

Gavi3n adecuado

8



Pendientes altas e inestables.


Gavi3n adecuado

9









Pseudo-estratos con 3ndice de estabilidad negativo muy grave, coeficiente de correcci3n negativo muy alto y desprendimiento de terreno con conos de deyecci3n.

Gavi3n adecuado

<p><b>10</b></p>  <p>Pendiente inestable</p>	 <p>Gavión adecuado</p>
<p><b>11</b></p>  <p>Pendientes altas y presencia de conos de deyección.</p>	 <p>Pendientes altas y conos de deyección</p>
<p><b>12</b></p>  <p>Pendientes altas y presencia de conos de deyección.</p> <p>Que ángulo tiene que ser menor que el observado en esta fotografía para que no colapse para el tipo de material arcilloso tiene que ser el ángulo menor de 39°.</p>	 <p>Gavión adecuado</p>



<p><b>13</b></p>  <p>Pendiente alta con colapso de material.</p>	 <p>Gavión adecuado</p>
<p><b>14</b></p>  <p>Rocas colapsadas zonas de alto riesgo falta canaleta de desagüe y canalización de la aguas para que no mermen el estado de la carretera.</p>	 <p>Zona de mucha humedad de la carretera necesita gaviones, muros de contención</p>
<p><b>15</b></p>  <p>Pendiente desfavorable con presencia de pseudoestratos de pizarra que cran una zona de desestabilidad.</p>	 <p>Pendiente que representa al coheficiente negativo de corrección.</p>

16



Faltan canaletas de desagüe.

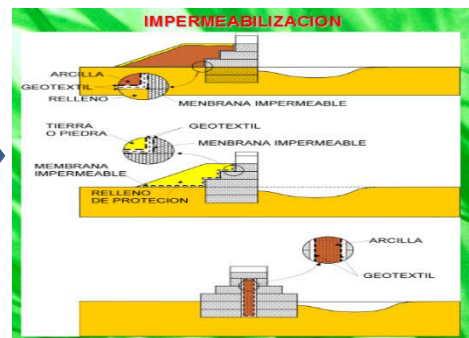


Gavión adecuado

17



Zona con falta de canaletas.

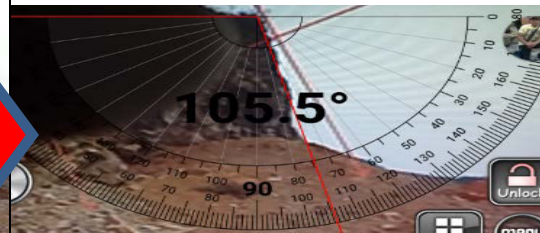


Formas de Sostenimiento

18



Aplicación de inclinómetros



Angulo de pendiente demasiado alto, zona de alto riesgo de colapso

19



Inundación de la parte sur oeste de Cutervo por falta de canalización de las aguas.



La zona sur de Cutervo se inundó, se necesita muros de contención con tubos de drenaje para que existe sostenimiento en las pendientes adyacente.

20



Fallas y colapsos por reptación.



Gavión adecuado

22



Fallas de reptación analizadas por infiltración de agua y mala canalización de las aguas.



Zona de reptación intensa, se necesita gavión de contención.



23



Pendiente estable pero le falta canales de agua en el pie del talud.

Gavi3n Adecuado

25



Zona de reptaci3n, Zona de alto riesgo por desprendimiento de roca.

Gavi3n Adecuado

26



Zona arcillosa limosa de alto riesgo donde se debe bajar el 3ngulo de pendiente

Gavi3n Adecuado

<p><b>27</b></p>  <p>Pendiente con material de baja cohesión arcillo limoso.</p>	 <p>Gavión Adecuado</p>
<p><b>28</b></p>  <p>Zona de alto riesgo de colapso</p>	 <p>Gavión Adecuado</p>
<p><b>29</b></p>  <p>Zona de baja cohesión de pendiente muy alta.</p>	 <p>Gavión adecuado</p>
<p><b>30</b></p>  <p>Pendiente muy alta de zona arcillosa limosa</p>	 <p>Gavión adecuado</p>

**31**



Se obtuvo el RMR de esta roca, luego se debe canalizar las aguas para que pasen por debajo de la carretera.



Gavión adecuado.

**32**



Este es uno de los puntos más críticos de toda la zona ubicada en la progresiva 61+000.



Sistema de sostenimiento:  
Mallas y anclajes.

**33**



Pendiente muy alta con colapso de suelo y roca, zona considerada de muy alto riesgo.



Gaviones adecuados en curva



**34**



En la zona de retiro se deben instalar gaviones para no continúen los colapsos a futuro.



Gavión Adecuado

**35**



Enmallado y anclaje de la pendiente considerada como zona de riesgo.



Gavión Adecuado

**36**



La arcilla esta estable por presión de la maquinaria pesada pero nadie puede deducir en que momento colapsara.



Gavión Adecuado



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS	PETROLOGIA (Materiales <sup>9</sup> )	P.U./C/φ	Cond. Estab o Ines. Del Sector
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		Depósitos fluviales y aluviales DISC. ANGUL	Qr-a Qr-al	Cuaternario	BAJO /NULA/REPOSO	Inestable
		PLEISTOCENO		Fm. Tamborapa DISC. ANGUL	Qp-t	Cuaternario	BAJO /NULA/REPOSO	Inestable
		SUPERIOR		Volc. Huambos DISC. ANGUL	Is-rh	Diorita	Alto/alto/Variado	Estable
		INFERIOR		Volc. Urama DISC. ANGUL	Ti-vf	Volcánicos y piroclastos	Alto/alta a <u>variada/variada</u>	<u>Semi estable a estable.</u>
	CRETACEO	SUPERIOR	Maastrichtiano	Fm. Chida DISC. PARAL	KTI - ch	Lutitas, limoarcillas		
			Campaniano	Fm. Calandín	Ks-c	Margas, <u>lutitas</u> y <u>limoarcillas</u>	Regular/baja/variada	Inestable
		MEDIO	Turoniano	Fm. Cajamarca	Km-c	Calizas finas	Alta/alta/variada	Estable con excepciones kársticas
			Cenomaniano	Gpo. Quilquitan	Km-q	Lutitas y calizas		
				Gpo. Pallucana	Km-p	Calizas, margas, <u>lutitas</u>	Alta-Baja/baja/diferenciado	Inestable
				Fm. Peritambo	Km-pa	Calizas y <u>lutitas</u>	Alta-Baja/baja/diferenciado	<u>Inestable</u>
		INFERIOR	Albiano	Fm. Chiles	Km-ch K-i K-e	Lutitas, margas y calizas	Alto/baja/diferenciado	Inestable
				Fm. Itca	Km-i	Arenisca, <u>lutitas</u> ....	Alto/baja/17-26	Inestable
MESOZOICO	JURÁSICO	INFERIOR	Apilano	DISC. PARAL	Ks-g	Areniscas, <u>lutitas</u> , <u>cuarcitas</u>	Alta/baja/27-35	Inestable
		SUPERIOR	Maastrichtiano	Gpo. Collariscuipa DISC. PARAL	J-o	Andesita, <u>Dacita</u> , <u>Brechas</u>	Alto/bita/29-30	Estable
		MEDIO						
		INFERIOR						



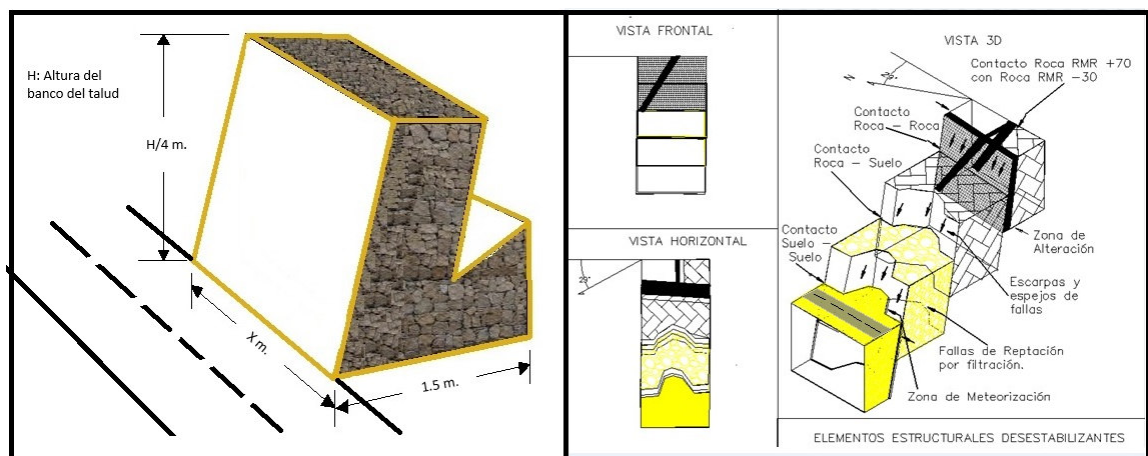
## PROYECCIONES Y FOTOS TECNICAS DE CAMPO

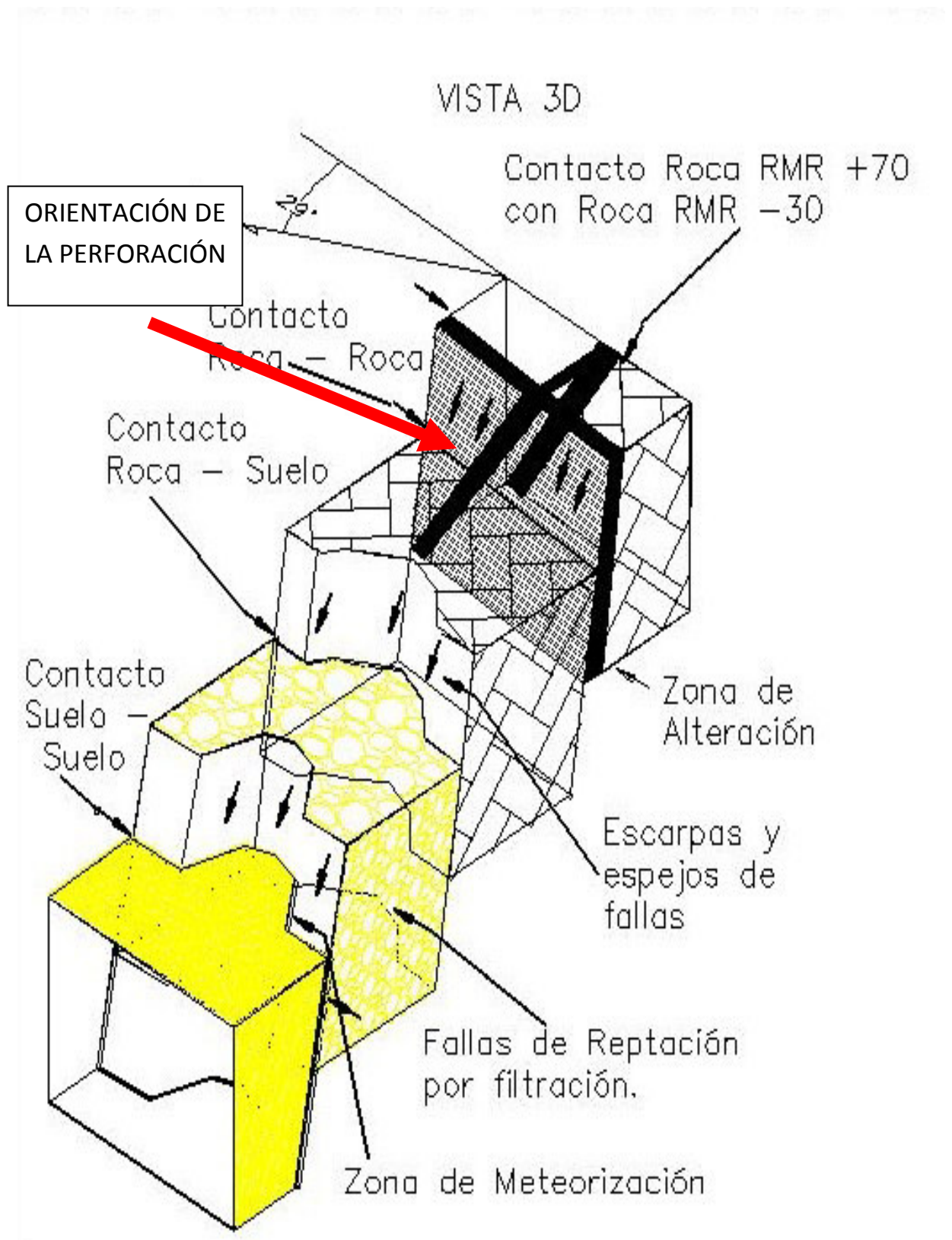
### PROYECTO:

# INVESTIGACIÓN DE MEDIO AMBIENTE -GEOLÓGICA, GEOTÉCNICA, GEOMECÁNICA DE: ROCAS, SUELOS Y FLUIDOS (HIDROLOGÍA, HIDROGEOLOGÍA, HIDRÁULICA E HIDROTECNIA) CON APLICACIONES GEOFÍSICAS DE LA CARRETERA: COCHABAMBA –CUTERVO - CHIPLE

**De:** Ing. Christian Breña

**Para:** OSITRAN





## ELEMENTOS ESTRUCTURALES DESESTABILIZANTES



Foto Progresiva 61+000: Ing. Breña coordinando con los ingenieros del Proyecto de la Carretera Cochabamba Cutervo Chiple en Abril del 2015.

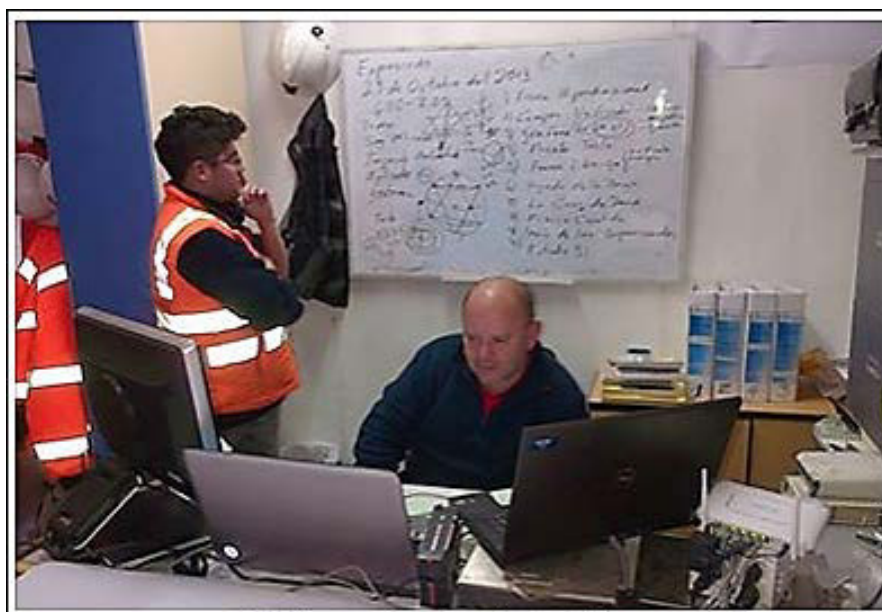


Foto Oficina habilitada en Cutervo en Coordinación con Ositran, oficinas donde se recaba información de campo del tramo de la carretera Cochabamba-Cutervo-Chiple. (Abril -2015)



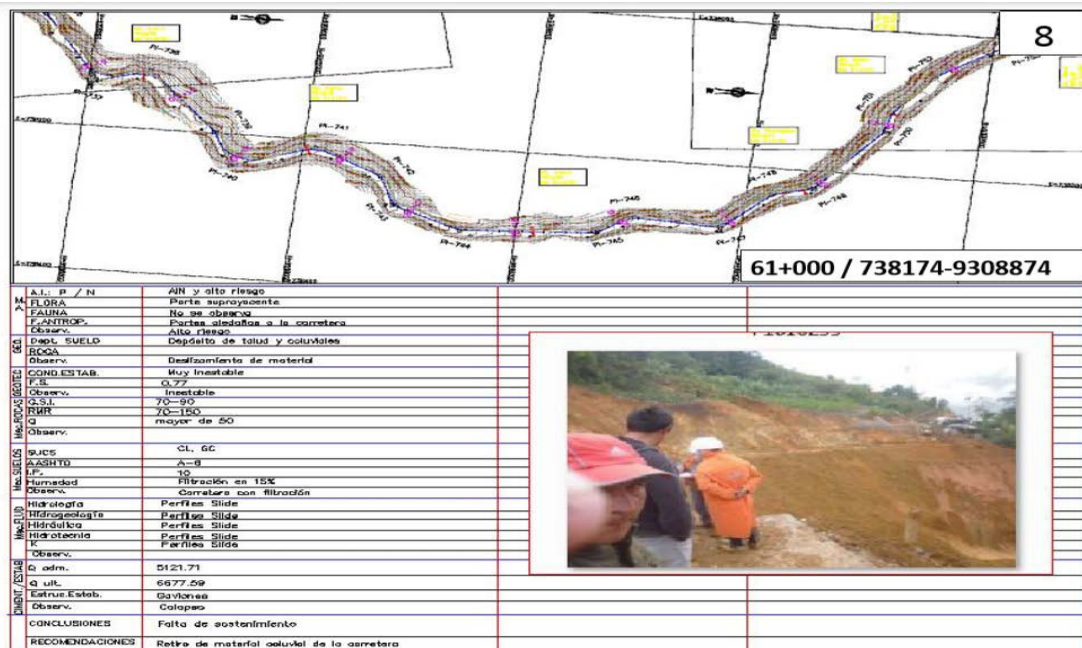
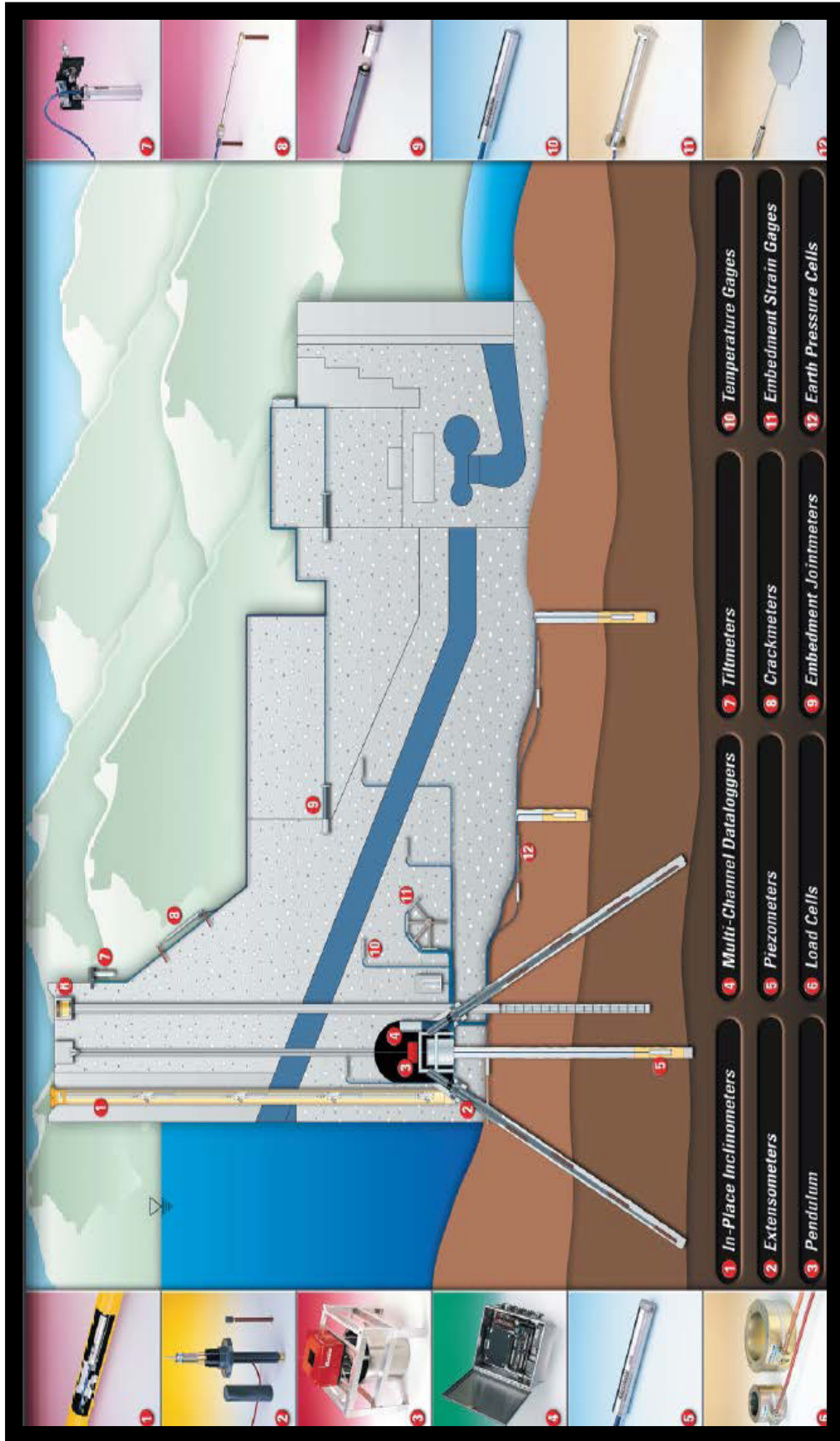


Foto Progresiva 61+000: Ing. Breña, el colapso más evidente de toda la carretera Cochabamba Cutervo Chiple. Sobre todo contra lluvia color anaranjado el Ing. Breña.

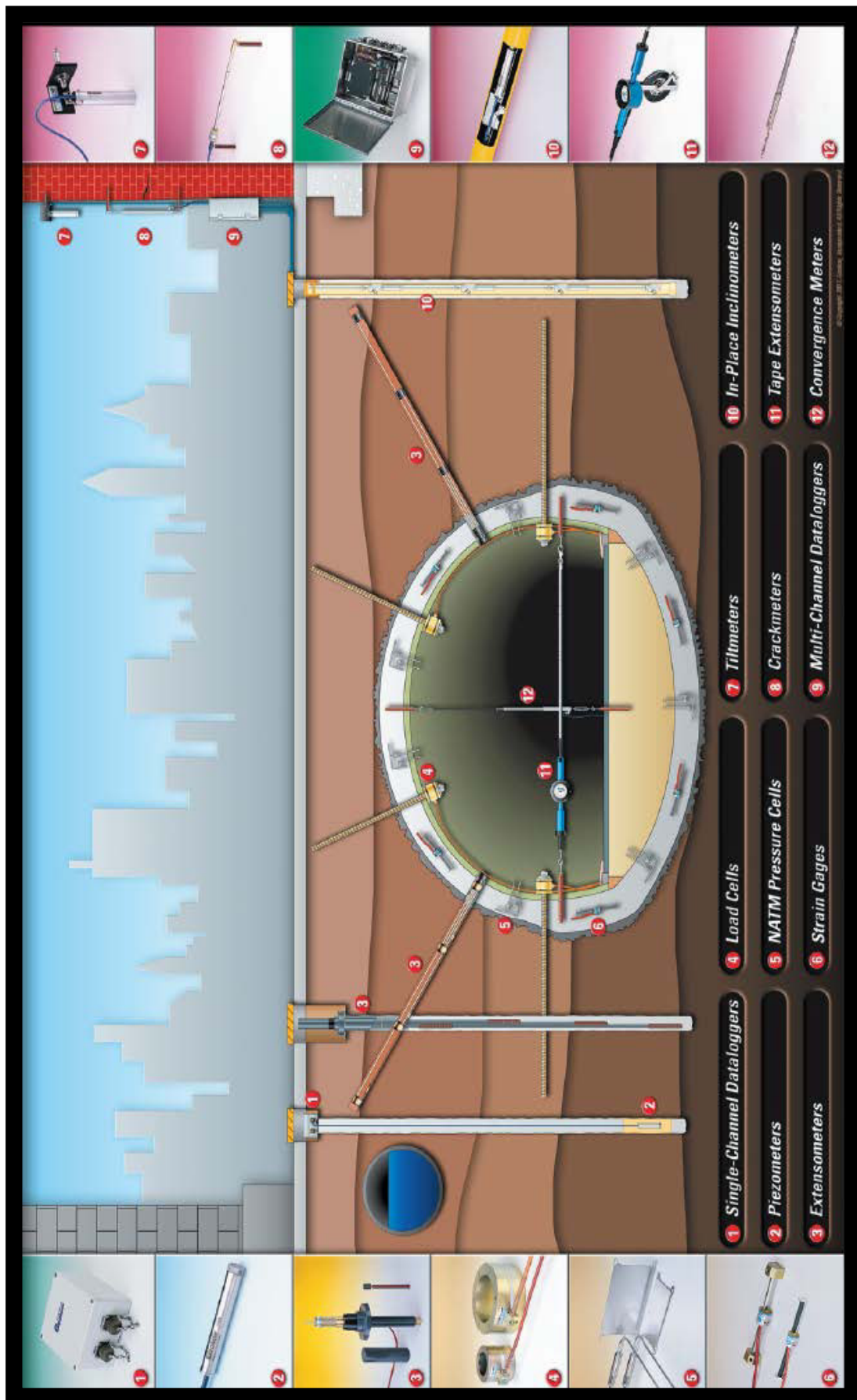
## INTRUMENTOS GEOTECNICOS PARA REVISAR, OBSERVAR, MOVIMIENTO PARA PREVENIR DESASTRES NATURALES O ANTRÓPICOS

Single channel datalogger	Registrador de datos	Crackmeters	Medidor de fracturas
Piezometer	Piezómetro	Multi-channel Data logger	Registrador de datos multicanal
In place Inclinator	Inclinómetro in-situ	Portable inclinometer	Inclinómetro portátil
Load Cells	Celula de Carga	Jack-Out Pressure Cells	Celula de presión extraíbles
Strain Gages	Calibrador de Presión	Sister Bars.	Barras sensoras
Extensometer	Extensometro	Pendulum	Pendulo
Tiltmeter	Medidor de Inclinação	Embedment Jointmeter	Medidor de empotramiento.
Temperatura gages	Medidor de temperatura	Earth Pressure Cells	Celulas de presión de tierras.









**- FIN -**